



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CIRCUITOS OLEOHIDRÁULICOS INDUSTRIALES PARA EL LABORATORIO DE SISTEMAS OLEOHIDRÁULICOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA”

**GONZÁLEZ CURILLO MILTON EDUARDO
RODRÍGUEZ PALAGUACHI LUIS EDUARDO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

**RIOBAMBA – ECUADOR
2016**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2015-01-21

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**GONZÁLEZ CURILLO MILTON EDUARDO
RODRÍGUEZ PALAGUACHI LUIS EDUARDO**

Titulada:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE
CIRCUITOS OLEOHIDRÁULICOS INDUSTRIALES PARA EL
LABORATORIO DE SISTEMAS OLEOHIDRÁULICOS DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Lenyn Aguirre Molina
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Isaías Caicedo Reyes
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: GONZÁLEZ CURILLO MILTON EDUARDO

TÍTULO DE LA TESIS: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CIRCUITOS OLEOHIDRÁULICOS INDUSTRIALES PARA EL LABORATORIO DE SISTEMAS OLEOHIDRÁULICOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA”

Fecha de Examinación: 2016-02-03

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Edwin Viteri Núñez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Lenyn Aguirre Molina DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Isaías Caicedo Reyes ASESOR DE TESIS			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Edwin Viteri Núñez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: RODRÍGUEZ PALAGUACHI LUIS EDUARDO

TÍTULO DE LA TESIS: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CIRCUITOS OLEOHIDRÁULICOS INDUSTRIALES PARA EL LABORATORIO DE SISTEMAS OLEOHIDRÁULICOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA”**

Fecha de Examinación: 2016-02-03

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Edwin Viteri Núñez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Lenyn Aguirre Molina DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Isaías Caicedo Reyes ASESOR DE TESIS			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Edwin Viteri Núñez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

González Curillo Milton Eduardo

Rodríguez Palaguachi Luis Eduardo

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, González Curillo Milton Eduardo y Rodríguez Palaguachi Luis Eduardo, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

González Curillo Milton Eduardo
Cedula de Identidad: 060452056-9

Rodríguez Palaguachi Luis Eduardo
Cedula de Identidad: 030216733-3

DEDICATORIA

Esta Tesis, producto de trabajo constante, esfuerzo y entrega quiero dedicársela primeramente a Dios y a la virgen María, por bendecirme con el milagro de la vida, para mantenerme firme, en mis sueños y anhelos de superación, y a toda mi familia, en especial a mis padres TERESA y RUBEN quienes me animan cada día, y me llenan de orgullo con su sabiduría, consejos y enseñanzas, hacen de mí un mejor hijo, ser humano, a mi hermano Freddy, mis hermanas Rosa, Zara, Teresa, Nube, María, Jhoana, quienes me motivaron a perseguir mi sueño que hoy es una realidad, a mi pequeña hija Lupita, quien con esa ternura angelical siempre llena mi vida de alegría, dándome fortaleza y enseñándome el amor incondicional único y verdadero, a todos ellos va dedicada esta Tesis, que demuestra que eh avanzado un paso más hacia mis sueños.

Luis Eduardo Rodríguez Palaguachi

Con todo el cariño dedico este trabajo de tesis a mi madre Esthela y a mi padre Ignacio por luchar cada día para que sus hijos busque un futuro mejor, por enseñarme a tomar riesgos y vencerlos y sobre todo por su gran confianza depositada en mí. Gracias por su apoyo y amor.

Dedico a mis hermanos por el apoyo que de una u otra forma me dieron, por la confianza puesta en mí, aunque me demore, pero lo conseguí. Gracias hermanos.

A mis profesores por sus conocimientos sin reparos impartidos, por la gran paciencia y confianza. A mis tutores por su tiempo y apoyo en este trabajo. Gracias infinitas

Milton Eduardo González Curillo

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, especialmente a la Escuela de Ingeniería Mecánica por mi formación académica, a todos mis profesores por inculcarme sus conocimientos en mí.

A mis padres por el apoyo incondicional en mi formación profesional, a toda mi familia por haber estado conmigo en las situaciones malas y buenas de mi vida.

Luis Eduardo Rodríguez Palaguachi

Agradezco infinitamente a Dios por el gran regalo de la vida, tan importante para poder desarrollarnos como personas.

A mis padres y familiares por el apoyo inagotable en cada etapa de mis estudios.

Estoy muy agradecido con la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme ser parte de tan noble institución.

A mis licenciados por compartir sus conocimientos esfuerzos, consejos y su gran paciencia.

Milton Eduardo González Curillo

CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Generalidades	1
1.2	Justificación de la investigación	2
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	<i>Objetivo general.</i>	3
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	3
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Oleohidráulica	4
2.2	Sistema oleohidráulico	5
2.2.1	<i>Fluido oleohidráulico</i>	5
2.2.1.1	<i>Transmisión de potencia</i>	7
2.2.1.2	<i>Lubricación</i>	7
2.2.2	<i>Depósito</i>	7
2.2.3	<i>Acumuladores</i>	8
2.2.4	<i>Filtros</i>	9
2.2.4.1	<i>Filtro ambiente.</i>	10
2.2.4.2	<i>Filtros de superficie</i>	10
2.2.4.3	<i>Filtros de aspiración</i>	10
2.2.4.4	<i>Filtros de presión</i>	11
2.2.5	<i>Válvulas auxiliares.</i>	11
2.2.5.1	<i>Válvulas antirretorno.</i>	12
2.2.5.2	<i>Controles de presión</i>	12
2.2.5.3	<i>Válvula de seguridad</i>	12
2.2.5.4	<i>Válvulas reductoras de presión</i>	13
2.2.5.5	<i>Controladores de caudal.</i>	13
2.2.5.6	<i>Válvula secuencial ajustable</i>	14
2.2.5.7	<i>Válvula secuencial antirretorno</i>	15
2.2.6	<i>Válvulas direccionales</i>	15
2.2.7	<i>Cilindros</i>	16
2.2.7.1	<i>Cilindro tipo telescópico</i>	17
2.2.7.2	<i>Cilindro de doble vástago</i>	17
2.2.7.3	<i>Capacidad de los cilindros</i>	17
2.2.7.4	<i>Fuerza en los cilindros</i>	17
2.2.8	<i>Tuberías y racores</i>	19
2.2.9	<i>Bombas.</i>	21
2.2.9.1	<i>Bombas de engranajes</i>	22
2.2.9.2	<i>Bomba de paletas</i>	23
2.2.9.3	<i>Bombas de pistones.</i>	23
3.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE CIRCUITOS OLEOHIDRÁULICOS INDUSTRIALES	
3.1	Selección de elementos del banco	24
3.1.1	<i>Selección de cilindros oleohidráulicos.</i>	24
3.1.2	<i>Selección de la Bomba</i>	29

3.1.3	<i>Selección de motor eléctrico.....</i>	32
3.1.4	<i>Válvulas direccionales.....</i>	33
3.1.4.1	<i>Código de origen</i>	33
3.1.4.2	<i>Selección de válvulas direccionales</i>	35
3.1.5	<i>Selección de válvulas de control de flujo.</i>	35
3.1.6	<i>Selección de válvula relief o válvula reguladora de presión</i>	37
3.1.7	<i>Selección del manifold.....</i>	38
3.1.8	<i>Selección de mangueras, tubos y adaptadores hidráulicos.....</i>	39
3.1.9	<i>Selección de depósito.....</i>	42
3.1.10	<i>Selección del acumulador.....</i>	43
3.1.11	<i>Cables (azul y rojo)</i>	46
3.1.12	<i>Puntas de conexión.....</i>	46
3.1.13	<i>Pulsadores</i>	46
3.1.14	<i>Selectores</i>	46
3.2	<i>Descripción de los módulos eléctricos</i>	46
3.2.1	<i>Módulo de pulsadores</i>	47
3.2.2	<i>Módulo del PLC.....</i>	47
4.	PRUEBAS DE LOS CIRCUITOS OLEOHIDRÁULICOS	
4.1	<i>Circuitos oleohidráulicos.....</i>	48
4.1.1	<i>Método de eliminación del control doble.</i>	48
4.2	<i>Guía de laboratorio</i>	49
4.2.1	<i>Laboratorios</i>	49
4.2.2	<i>Modelo de una Guía de Laboratorio.....</i>	49
4.3	<i>Ejercicios realizados</i>	50
4.3.1	<i>Identificación y funcionamiento de los componentes oleohidráulicos</i>	51
4.3.2	<i>Identificación y codificación de válvulas</i>	51
4.3.3	<i>Ejercicio de Regulación de velocidad de actuación.....</i>	51
4.3.4	<i>Ejercicio de Regulación de presión</i>	53
4.3.5	<i>Ejercicio para el Control de cilindros de doble efecto</i>	55
4.3.6	<i>Ejercicio de Sincronización y control simultaneo de actuadores lineales</i>	57
4.3.7	<i>Método de programación GRAFCET.....</i>	59
4.3.8	<i>Descripción y uso del PLC LOGO 230 RC Siemens</i>	59
4.3.9	<i>Ejercicio con secuencia de 3 actuadores</i>	60
4.3.10	<i>Ejercicio con secuencia de 4 actuadores</i>	62
4.3.11	<i>Ejercicio con utilización de un acumulador en circuitos con emergencia.....</i>	65
5.	MANUAL DE OPERACIÓN Y PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS OLEOHIDRÁULICO	
5.1	<i>Manual de Operación</i>	68
5.2	<i>Plan de mantenimiento del banco de pruebas oleohidráulico</i>	69
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
6.1	<i>Conclusiones.....</i>	70
6.2	<i>Recomendaciones</i>	71

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Propiedades de los fluidos	6
2	Bombas	22
3	Cilindros seleccionados	26
4	Criterios para la selección de una bomba	30
5	Valvulas seleccionadas	35
6	Especificaciones	36
7	Válvulas reguladoras de presión seleccionadas	38
8	Logotipo para la guía de Laboratorio	50

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Depósito.....	8
2	Acumuladores.....	8
3	Filtro.....	9
4	Partes del Filtro.....	9
5	Filtro ambiente.....	10
6	Filtro de aspiración.....	10
7	Filtros de presión línea de retorno.....	11
8	Válvulas auxiliares.....	12
9	Válvulas de seguridad simple.....	12
10	Válvulas reductoras de presión.....	13
11	Reguladora de flujo unidireccional.....	13
12	Reguladora de flujo bidireccional.....	14
13	Válvula secuencia ajustable.....	14
14	Válvula secuencia antirretorno.....	15
15	Válvulas direccionales.....	15
16	Cilindros.....	16
17	Tipos de cilindros.....	16
18	Componentes de una tubería flexible.....	19
19	Acoplamientos rápidos.....	20
20	Capacidad de carga de cilindros según la norma ISO.....	25
21	Cilindros oleohidráulicos.....	26
22	Cilindros del Panel A.....	26
23	Cilindros del Panel B.....	27
24	Datos técnicos de la bomba.....	31
25	Bomba.....	32
26	Motor eléctrico.....	33
27	Tipos de Centros.....	34
28	Válvulas de control direccional.....	35
29	Designación válvulas de control de flujo.....	36
30	Válvula de control de flujo.....	36
31	Código válvula reguladora de presión.....	37
32	Especificaciones válvula reguladora de presión.....	37
33	Válvula reguladora de presión.....	37
34	Manifold.....	38
35	Designación de un manifold.....	38
36	Circuito de conexión de un manifold.....	39
37	Mangueras, tubos, adaptadores.....	40
38	Tubo milimétrico recomendado.....	41
39	Depósito.....	42

40	Especificaciones de un acumulador.....	45
41	Acumulador	45
42	Módulo de pulsadores.....	47
43	Módulo del PLC	47
44	Conexión de un PLC.....	47
45	Circuito oleohidráulico de Regulación de velocidad de actuación.....	52
46	Circuito eléctrico de Regulación de velocidad de actuación	52
47	Simulación en fluidSIM Regulación de velocidad de actuación	53
48	Circuito oleohidráulico de Regulación de presión	54
49	Circuito eléctrico de Regulación de presión	54
50	Simulación en FluidSIM de Regulación de presión	55
51	Taladro insdustrial	55
52	Circuito oleohidráulico Control de cilindros	56
53	Circuito eléctrico Control de cilindros	56
54	Simulación en FluidSIM Control de cilindros.....	57
55	Prensa hidráulica de simple acción.....	57
56	Circuito oleohidráulico Prensa hidráulica	58
57	Circuito eléctrico Prensa hidráulica.....	58
58	Simulación FluidSIM Prensa hidráulica.....	59
59	Retroexcavadora	60
60	Circuito oleohidráulico movimiento de tres actuadores	60
61	Circuito eléctrico movimiento de tres actuadores	61
62	Simulación en FluidSIM movimiento de tres actuadores.....	62
63	Embutidora	63
64	Circuito oleohidráulico movimiento de cuatro actuadores.....	63
65	Circuito eléctrico movimiento de cuatro actuadores	64
66	Simulación en FluidSIM movimiento de cuatro actuadores	65
67	Circuito oleohidráulico con acumulador	66
68	Circuito eléctrico con acumulador.....	66
69	Simulación en FluidSIM con acumulador	67

SIMBOLOGÍA

Q	Caudal
v	Velocidad media del vástago
F	Fuerza
P	Potencia
p	Presión
d	Diámetro interior del cilindro
d_v	Diámetro del vástago del pistón
t	Tiempo
η	Rendimiento
Fr	Fuerza debido a la compresión del resorte
ΔP	Caída de presión
L	Carrera del vástago
V	Volumen de aceite de un cilindro
Fe	Fuerza generada en el cilindro en la extensión de un pistón
A	Superficie

LISTA DE ABREVIACIONES

ISO	International Standard Organization
AISI	American Iron and Steel Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
CPU	Unidad Central de Procesos
E/S	Entradas y Salidas
CFM	Cubic Feet per Minute
KOP	Esquema de Contacto
OP	Panel Operador
PC	Personal Computer
PLC	Controlador Lógico Programable
RAM	Random Access Memory
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TIA	Total Integrated automation
CEAACES	Concejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de Educación Superior
N/A	Normalmente abierta
ON/OFF	Conectar y desconectar

LISTA DE ANEXOS

- A** Datos técnicos
- B** Guía de Laboratorio
- C** Manual de Operación del banco
- D** Plan de mantenimiento del banco
- E** Imágenes del banco

RESUMEN

En el presente trabajo se diseñó e implementó un banco de pruebas de circuitos oleohidráulicos industriales para el laboratorio de sistemas neumáticos y oleohidráulicos de la Escuela de Ingeniería Mecánica, acorde al avance tecnológico industrial actual, con fines didácticos que contribuya a la realización de prácticas estudiantiles, para lo cual se seleccionó con criterio, aceptación y eficiencia los componentes más funcionales para el banco en base a catálogos y normas.

En la implementación del banco, se realizó el montaje de los elementos tales como: unidad de poder, actuadores, electroválvulas, acumulador y módulos eléctricos. Terminada la implementación del banco, se prosiguió a realizar pruebas de arranque, funcionamiento y seguridad; las mismas que resultaron satisfactorias ya que se pudo evidenciar el correcto funcionamiento del banco de pruebas oleohidráulico.

El banco permite realizar prácticas de control de actuadores lineales mediante el uso de electroválvulas y elementos lógicos programables (PLC), donde se puede hacer simulaciones de secuencias de los distintos procesos que intervienen en la industria. Para mayor contribución en el aprendizaje, se plasmó una guía de laboratorio en beneficio de los futuros estudiantes. Además, de un plan de mantenimiento preventivo para conservar la vida útil del banco de pruebas, y en un futuro se pueda incrementar la sensórica y poder realizar simulaciones remotas para un mejor y optimo uso del banco didáctico.

ABSTRACT

This paper designed and implemented a test of industrial oil hydraulic circuits for the laboratory of tires and oil-hydraulic systems of the School of Mechanical Engineering, according to current industrial technological progress, for teaching purposes to contribute to the realization of student practices to which was selected criteria, acceptance and efficiency the most functional for the bank based on catalogs and standards of components.

In the implementation of the bank was made the assembly of elements such as: power unit, actuators, solenoid, battery and power modules. It finished the implementation of the bank, the following step was performed test starting, operational and safety; the same ones that were satisfactory as was evident the proper functioning of the oil-hydraulic test bench.

The bank allows control practices linear actuators using solenoid valves and programmable logic controller (PLC), were you can do simulations of sequences of the different processes involved in the industry. For contribution to learning, laboratory guidance reflected the benefit of prospective students. In addition, a preventive plan to preserve the life of the maintenance test, and in the future we can increase the sensor system and to perform remote simulations for better and optimum use of educational bank.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El vertiginoso avance tecnológico junto con la alta demanda de producción y calidad de distintos productos, exige a los profesionales de hoy en día una mayor preparación, especialmente en aquellos que crean nuevos mecanismos y sistemas de producción.

Dicho desafío proporciona énfasis en la educación que se entrega a los futuros ingenieros, siendo de vital importancia las herramientas teóricas entregadas por las distintas asignaturas y unido a esto el desarrollo de experiencias prácticas, con el fin de dar una visión amplia del campo laboral de un Ingeniero, y que éste no sea desconocido y hostil a la hora de enfrentarse a sistemas complejos empleados en los distintos procesos industriales.

El contar con un Banco de Prueba solucionará en parte, el déficit de bancos de ensayos en una de las ramas del campo de ingeniería, en el caso puntual de la oleohidráulica. El Banco, es un panel didáctico que tiene los componentes básicos que son utilizados en las industrias, vale decir, los elementos que comúnmente puede encontrarse como mínimo en cualquier sistema oleohidráulico.

El presente trabajo tiene como producto el diseño e implementación del banco de pruebas con sistemas oleohidráulicos muy similares a los utilizados en el sector industrial, con esto el alumno podrá identificar los distintos componentes de un sistema, las variables que se pueden controlar y sus efectos sobre algunos componentes tales como: cilindros, motores hidráulicos, válvulas de control direccional, acumulador de presión, etc.

1.1 Generalidades

El problema queda definido por la falta de un banco de pruebas, componentes y operación modernos dentro del laboratorio de oleohidráulica y neumática que pueda guiar al alumno en las diferentes experiencias que son necesarias para reforzar su proceso de aprendizaje, el equipo propuesto es para fines didácticos.

1.2 Justificación de la investigación

El Directorio del Consejo de Evaluación, Acreditación y Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior, CEAACES. Establece:

“Las aulas, laboratorios, instalaciones de práctica, equipo asociado a éstos deben ser adecuados y con medidas de seguridad que permitan alcanzar los objetivos de la carrera y procurar un ambiente seguro y conducente al aprendizaje. La carrera debe proporcionar a los estudiantes oportunidades para aprender la utilización y las herramientas adecuadas relacionadas con cada una de las actividades formativas prácticas y teóricas de la carrera. La infraestructura de las TIC's debe ser adecuada para dar soporte a las actividades académicas y estudiantiles con el fin de lograr los objetivos de la carrera y de la institución. Debe contar con una biblioteca especializada, actualizada, suficiente, y; especialmente ejemplares de los libros de textos utilizados en cada una de las materias, cursos o módulos, así como las publicaciones de la bibliografía enunciada en los sílabos” (CEAACES, 2010)

Con el avance de la tecnología se ha generado la necesidad de mejorar y actualizar los laboratorios debido a que algunos bancos ya han cumplido su vida útil y no brindan a los estudiantes un servicio adecuado; en vista de esto surge la necesidad de plantear la implementación de un banco didáctico de pruebas para sistemas oleohidráulicos, cabe recalcar que dicho proyecto beneficiará a estudiantes como docentes en la realización de prácticas de circuitos oleohidráulicos y estimular el interés estudiantil.

Para que el desarrollo de bancos didácticos cumpla con su función de capacitar, es necesario vincularlo con la realidad, pues facilita el aprendizaje y lo torna más auténtico, y significativo. El proceso de aprendizaje requiere cierto contacto, de un periodo de tiempo prolongado a fin de hacer posible la aprehensión real y significativa de un hecho de estudio; con esta idea deben diseñarse los equipos didácticos.

Todo aprendizaje supone una construcción que se realiza a través de un proceso mental, y finaliza con la adquisición de un conocimiento nuevo (SÁNCHEZ Soler, *et al.* 2003). Siguiendo este concepto (FALCÓN, 2009), afirma que en el diseño de los equipos didácticos tiene que tomarse en cuenta qué porcentaje se aprende.

Los bancos didácticos deben cumplir tres características principales: seguros, estimulantes y rápidos.

1.3 Objetivos

1.3.1*Objetivo general.* Diseñar e implementar un banco de pruebas de circuitos oleohidráulicos industriales para el laboratorio de sistemas oleohidráulicos de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

1.3.2*Objetivos específicos:*

- Diseñar y seleccionar los componentes del banco.
- Seleccionar los elementos de los sistemas oleohidráulicos industriales.
- Implementar el banco de pruebas de circuitos oleohidráulicos industriales.
- Elaborar un manual de mantenimiento y operación.
- Elaborar una guía de prácticas de laboratorio.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Oleohidráulica

La oleohidráulica tiene por objeto el estudio de las leyes de equilibrio y movimiento del aceite con miras a su aplicación práctica. (HERNANDEZ, y otros, 2013)

Entre sus principales ventajas se tienen las siguientes:

- Simplicidad: pocas piezas en movimiento (bombas, motores y cilindros).
- Tamaño: pequeño comparado con la mecánica y la electricidad de igual potencia.
- Reversible. Un actuador puede ser invertido en plena operación sin que se dañe.
- Multiplicación de fuerzas: (prensa hidráulica).
- Movimientos suaves y silenciosos.
- Flexibilidad. El aceite se adapta a las tuberías.
- Velocidad variable.
- Fácil protección contra sobrecargas: (Válvula de alivio de presión)
- Fácil montaje (manifold)
- Mayor precisión en la carrera del vástago
- Conexiones fáciles (acoples rápidos)

A pesar de sus ventajas, se tienen también algunas desventajas:

- Alta presión
- Precio: la unidad de poder, válvulas proporcionales y servo válvulas son caras.
- Problemas de pérdidas de fluido.
- Limpieza: en la manipulación de los aceites, aparatos y tuberías. La contaminación de tuberías y fluido con partículas podrían dañar las juntas de embolo o las juntas de vástagos de los cilindros.

Las aplicaciones más usuales son las siguientes:

- Industria Siderúrgica: laminadores en frío y en caliente, líneas de acabado y máquinas de colada continua.
- Maquinas – herramientas (tornos, prensas, cizallas, fresadoras, Maquinaria agrícola, barcos, aviones).
- Industria eléctrica. Turbinas e interruptores de alta presión.
- Industria química. Mezcladores.
- Industria Electromecánica. Hornos de fusión, tratamientos térmicos y soldaduras automáticas.
- Industria Textil. Máquinas de estampado de tejidos y telares.
- Industria de la madera y el papel. Maquinas continuas, rotativas, impresoras.

2.2 Sistema oleohidráulico

Un sistema oleohidráulico es un conjunto de elementos necesarios para transmitir energía por medio de un fluido. Los componentes básicos que tiene un sistema oleohidráulico para su correcto funcionamiento son:

2.2.1 Fluido oleohidráulico. Es un líquido transmisor de energía que se utiliza para transformar, controlar y transmitir los esfuerzos mecánicos a través de una variación de presión o flujo. (QuimiNet, 2007)

Entre las funciones principales del fluido oleohidráulico tenemos: Transmitir potencia, lubricar piezas móviles, Minimizar fugas, Disipar el calor.

Estos aceites deben ser lubricantes, refrigerantes, anticorrosivos, soportar temperaturas sin evaporarse, soportar altas presiones, absorber ruido y vibraciones, brindar protección contra el envejecimiento y la fricción.

En la actualidad el fluido oleohidráulico más utilizado es el aceite mineral, con algunos aditivos para mejorar sus propiedades. Se definen según la norma ISO 6743-4. (DELNERO, 2007)

H: aceite mineral sin aditivos

HL: con aditivos contra la corrosión y el envejecimiento

HM: con aditivos contra corrosión, envejecimiento y reducir el desgaste por fricción

HLP: además de aceites HL, reducen el desgaste y aumentan la resistencia a fricción

HV: igual al HLP, resistencia al envejecimiento, mejor relación viscosidad-temperatura

HLPD: igual al HLP, efecto detergente, capacidad de dispersión, contra la corrosión.

Las sustancias que se agregan a los fluidos para cambiar sus propiedades se les conoce como aditivos, los más comunes son para: aumentar la viscosidad, anticongelantes, adherentes, antiespumantes, antioxidantes, proteger contra la corrosión, aumentar la resistencia al envejecimiento.

Tabla 1. Propiedades de los fluidos

	Aceite mineral	Agua Glicol	Emulsión agua-ceite	Esterfosfatos	Silicona
Juntas satisfactorias	Nitrilo Neofreno Polisulfido	Nitrilo Neofreno Butil	Nitrilo Neofreno Polisulfido	Butil Silicona PTFE	Silicona PTFE Nitrilo
Juntas no satisfactorias	Butil	Polisulfido	Butil	Todas las demás	Todas las demás
Efectos corrosivos	Ninguno	Cinc Cadmio	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Lubricación	Excelente	Aceptable	Aceptable	Buena	Pobre en acero
Toxicidad	No es tóxica	No es tóxica	No es tóxica	Vapores tóxicos	No es tóxica
Inflamabilidad	Pobre	Buena	Buena	Excelente	Pobre
Temperatura máx.	90	50	50	90-140	260
Coste comparativo	1	2 a4	1 a 2	4 a 12	30 a 40
Densidad relativa	1,25	1,2	1,3	1,04	1,65
Duración de las bombas	Normal	A bajas presiones	Aceptable	Normal	Mediocre
Viscosidad	Bajo a alta	Medio a baja	Baja	Baja a alta	Baja a alta

Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

2.2.1.1 *Transmisión de potencia.* El fluido debe transmitir la energía producida por la bomba a uno o varios órganos receptores tales como los cilindros y al mismo tiempo garantizar la lubricación y protección de los componentes que integran el circuito. (J.P.GROOTE, 1980)

2.2.1.2 *Lubricación.* En la mayoría de los elementos oleohidráulicos, la lubricación interna la proporciona el fluido. Los elementos que conforman las bombas y otras piezas desgastables se deslizan unos contra otros sobre una película de fluido. (DELNERO, 2007)

2.2.2 *Depósito.* Su función principal es acondicionar el fluido, es decir, proporcionar el espacio suficiente para guardar todo el fluido del sistema, más una reserva, manteniéndolo limpio a una temperatura de trabajo adecuada, a un nivel lo suficientemente alto para que no se produzca un efecto torbellino en la línea de aspiración de la bomba. Si esto ocurriese, entraría aire en el sistema que lo deterioraría rápidamente.

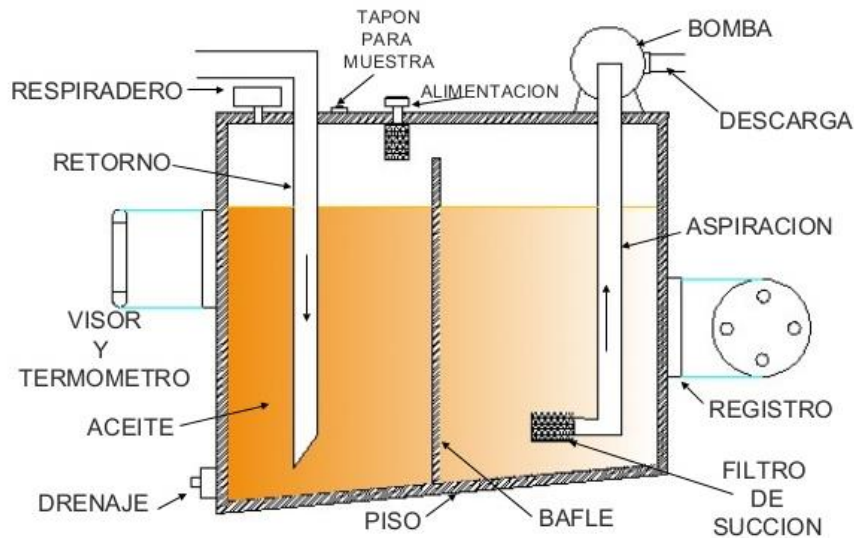
El fluido se mantiene limpio mediante el uso de filtros, coladores e imanes según lo requieran las condiciones medio ambientales. (DELNERO, 2007)

El depósito debe diseñarse de forma que cumpla las siguientes funciones:

- Servir de almacenamiento para el fluido que va a circular por el sistema.
- Dejar en su parte superior un espacio para que el aire pueda separarse del fluido.
- Compensar fugas de fluido
- Reducir o eliminar los golpes de ariete
- Compensar variaciones de presión
- Permitir que los contaminantes se sedimenten.
- Disipar el calor generado en el sistema.

Como norma general se acostumbra a emplear un depósito cuya capacidad en litros sea por lo menos dos o tres veces la capacidad de la bomba expresada en litros por minuto. El tamaño del tanque debe ser tal que el aceite permanezca en su interior de uno a tres minutos antes de recircular. (DELNERO, 2007)

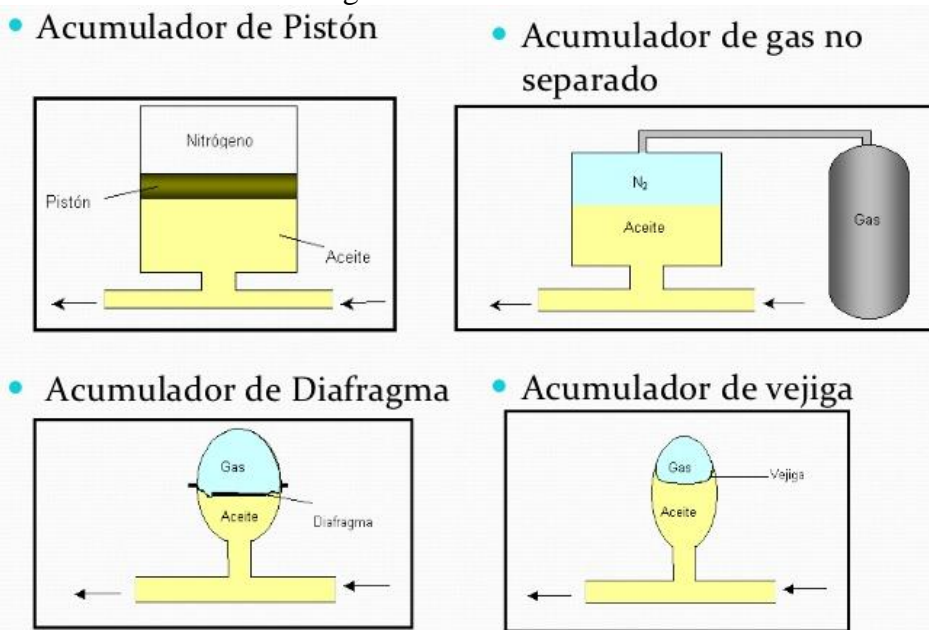
Figura 1. Depósito



Fuente: (DAZA, 2014)

2.2.3 Acumuladores. A diferencia de los gases, los fluidos utilizados en los sistemas oleohidráulicos no pueden ser comprimidos y almacenados para su utilización en cualquier momento. Un acumulador consiste en un depósito destinado a almacenar una cantidad de fluido incompresible y conservarlo a una cierta presión mediante una fuerza externa. El fluido entra a las cámaras del acumulador y hace una de estas tres funciones: comprime un resorte, comprime un gas o levanta un peso, y posteriormente ante cualquier caída de presión se activa el acumulador. (DELNERO, 2007)

Figura 2. Acumuladores

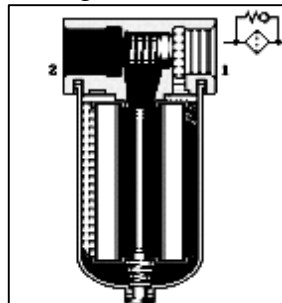


Fuente: (LUCAS, 2011)

2.2.4 Filtros. Su función principal es la de retener partículas y contaminantes insolubles en el fluido, mediante el uso de un material poroso. De esta manera se consigue alargar la vida útil de la instalación. (DELNERO, 2007)

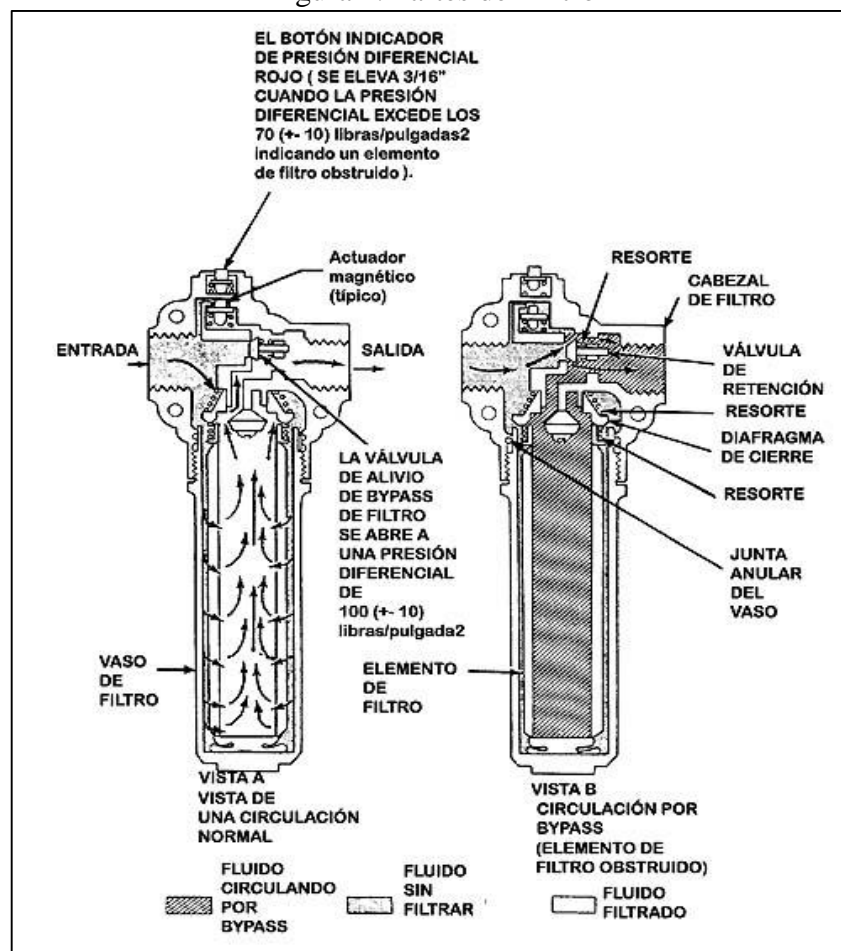
Los elementos que contaminan el aceite pueden ser: Agua, ácidos, partículas metálicas, hilos, fibras, polvo, partículas de juntas y pintura.

Figura 3. Filtro



Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

Figura 4. Partes del Filtro



Fuente: www.sapiensman.com

Existen filtros de superficie y filtros de profundidad y estos pueden ser:

2.2.4.1 Filtro ambiente. El aire contenido en el depósito, encima del nivel de aceite, está en comunicación con el exterior a través de un filtro ambiente de generalmente 25 micras que impiden que las impurezas del aire ambiente penetren en el depósito. Estos filtros son de papel celulósico y no sirven para filtrar aceite.

Figura 5. Filtro ambiente



Fuente: Catálogo STAUFF

2.2.4.2 Filtros de superficie: Retienen sobre su superficie externa las partículas contaminantes. Estos pueden ser: Papel micronic, filtro de malla de alambre, filtro de alambre bobinado o espiral magnética, filtro de discos lenticulares, filtros de profundidad, filtros de absorción, filtros magnéticos.

2.2.4.3 Filtros de aspiración. Lo ideal sería poderlos usar de una eficiencia alta, pero restringirían el paso del aceite a la bomba al irse obstruyendo creando cavitación. Es relativamente tosco, protege a la bomba de las partículas del orden de 150 micras. Estos se montan generalmente, en la tubería de aspiración, filtrando el aceite aspirado por la bomba. El material del que están formados suele ser: tela de bronce fosforoso, discos metálicos, alambre bobinado y las hay en captadores magnéticos. (HERNANDEZ, y otros, 2013)

Figura 6. Filtro de aspiración



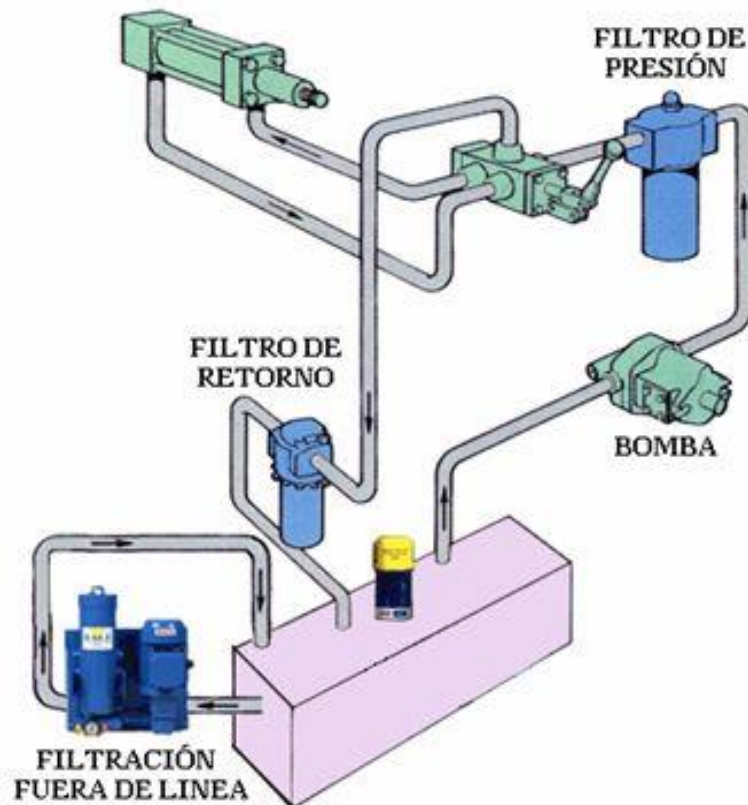
Fuente: Catálogo Vuototecnica

2.2.4.4 Filtros de presión. Existen filtros diseñados para ser instalados en la línea de presión que puede captar partículas mucho más finas que los filtros de aspiración. En general en instalaciones delicadas como las que cuentan con servomecanismos. Pueden aguantar presiones de hasta 500 bar.

Estos filtros deben poseer una estructura que permite resistir la máxima presión del sistema. Por seguridad deben poseer una válvula de retención interna. La máxima pérdida de carga recomendada con el elemento limpio es de 5 PSI. (DELNERO, 2007)

En la siguiente figura se ve un filtro instalado a la salida de la bomba y delante de la válvula reguladora de presión y alivio.

Figura 7. Filtros de presión línea de retorno

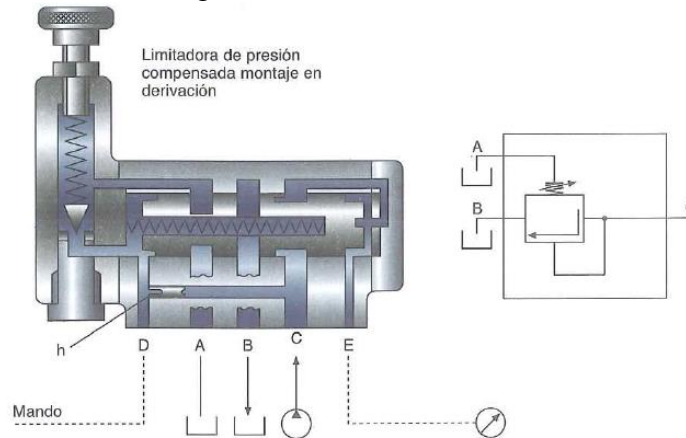


Fuente: (INDISA, 2006)

2.2.5 Válvulas auxiliares. Pueden regular la presión oleohidráulica, regular el caudal de aceite o actuar como cierre o bloqueo.

Estas válvulas se emplean en unión de otras válvulas y elementos del sistema para proporcionar una automatización y control de todo el sistema.

Figura 8. Válvulas auxiliares



Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

2.2.5.1 Válvulas antirretorno: No es más que una válvula direccional de una sola vía que permite el paso libre del aceite en una dirección y lo bloquea en la otra.

2.2.5.2 Controles de presión. Las válvulas de control de presión o de seguridad realizan funciones tales como limitar la presión máxima de un sistema o regular la presión reducida en ciertas partes del circuito u aquellas actividades que implican cambios en la presión de trabajo. (DELNERO, 2007)

2.2.5.3 Válvula de seguridad: La válvula de seguridad es el elemento indispensable en las instalaciones oleohidráulicas y es el aparato que más cerca se debe poner de las bombas: su misión es limitar la presión máxima del circuito para proteger a los elementos de la instalación. (HERNANDEZ, y otros, 2013)

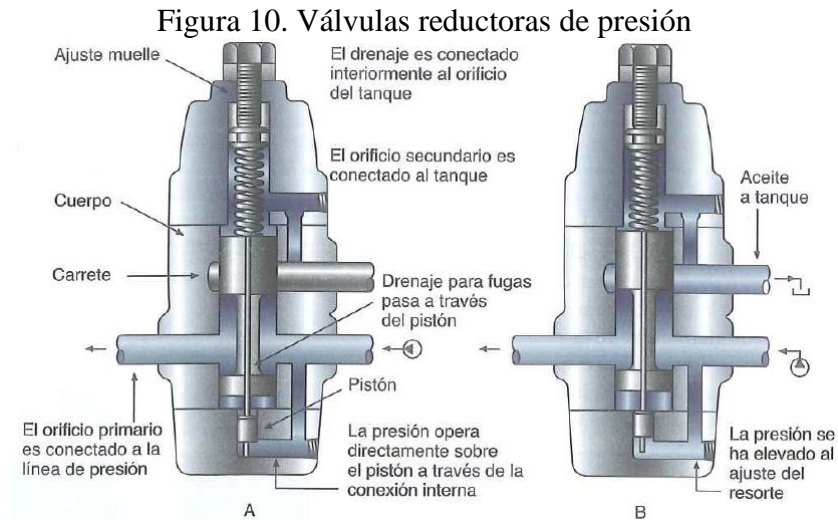
El taraje en estas válvulas es girando el tornillo en sentido de las agujas del reloj.

Figura 9. Válvulas de seguridad simple



Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

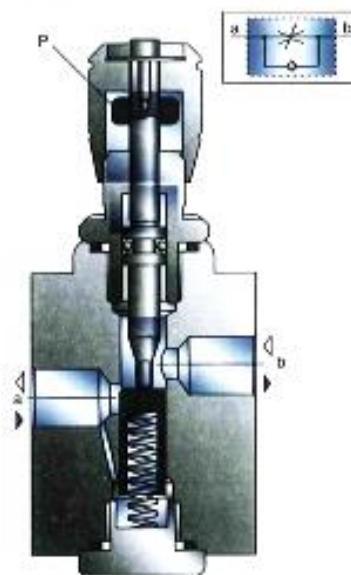
2.2.5.4 Válvulas reductoras de presión: Las válvulas reductoras de presión son controladores de presión, normalmente abiertos, utilizados para mantener presiones reducidas en ciertas partes de un circuito. (DELNERO, 2007)



Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

2.2.5.5 Controladores de caudal: Las válvulas reguladoras de caudal se utilizan para regular la velocidad del cilindro. Ésta depende de la cantidad de aceite que se le envía por unidad de tiempo; es posible regular el caudal con una bomba de desplazamiento variable, pero en muchos circuitos es más práctico utilizar una bomba de desplazamiento fijo y regular el caudal con ayuda de una válvula reguladora de caudal.

Figura 11. Reguladora de flujo unidireccional

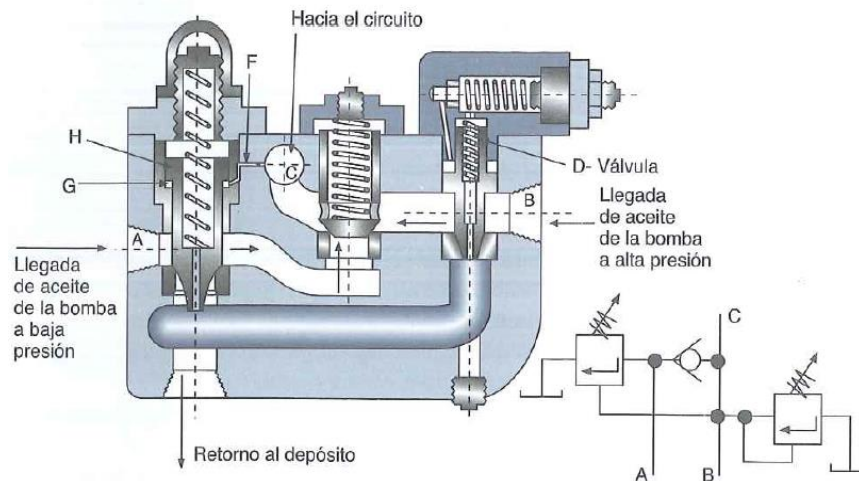


Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

Existen tres métodos básicos para controlar la velocidad del actuador estos son: regulación a la entrada, regulación a la salida y regulación por substracción.

A continuación, se presenta el esquema de una reguladora de flujo bidireccional.

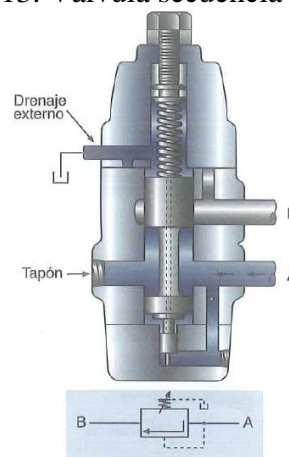
Figura 12. Reguladora de flujo bidireccional



Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

2.2.5.6 Válvula secuencial ajustable. Cuando la presión en el circuito principal alcanza la presión fija de la válvula secuencial, abre y permite flujo de aceite al cilindro o a la rama del circuito. La válvula secuencial permite flujo de aceite en una sola dirección. Su uso se limita por consiguiente a los lugares donde el aceite siempre circula en la misma dirección. Otra función es la de garantizar cierta presión en la rama de aguas arriba (hacia la bomba), aunque el circuito aguas abajo se encuentre completamente descargado. (DELNERO, 2007)

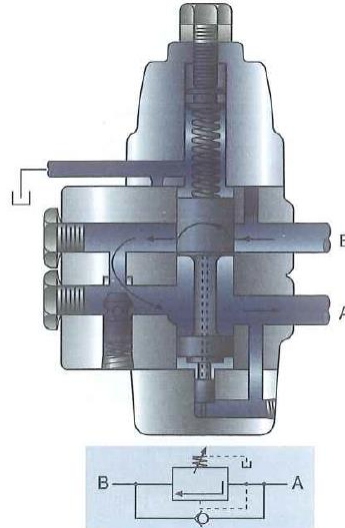
Figura 13. Válvula secuencia ajustable



Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

2.2.5.7 *Válvula secuencial antirretorno.* Trabaja exactamente igual que la válvula secuencial ajustable con la diferencia que permite movimiento de fluido en ambas direcciones. En una de las direcciones trabaja sin control. (DELNERO, 2007)

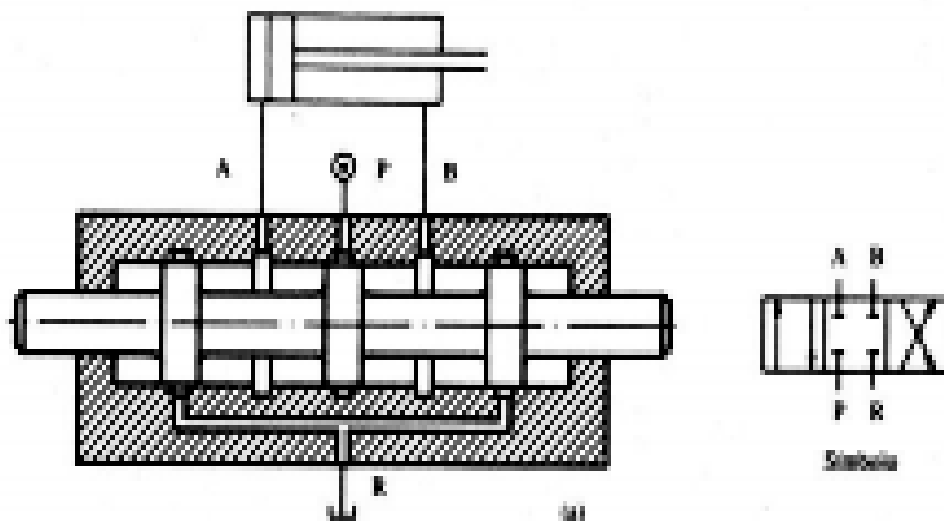
Figura 14. Válvula secuencia antirretorno



Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

2.2.6 *Válvulas direccionales.* Son esenciales para la creación de circuitos hidrostáticos capaces de efectuar las funciones más elementales. Su misión consiste en el desvío o en la confluencia del caudal de aceite según las exigencias de funcionamiento. (DELNERO, 2007)

Figura 15. Válvulas direccionales

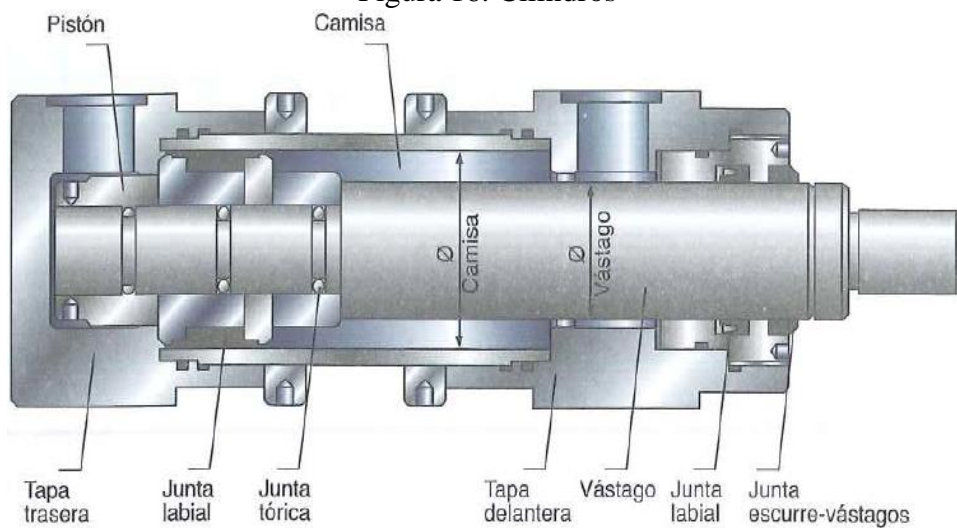


Fuente: (DELNERO, 2007)

2.2.7 Cilindros. El tipo de trabajo efectuado y la energía necesaria determinan las características de los actuadores hidráulicos que deben ser utilizados. Solamente después de haber elegido el actuador pueden seleccionarse los restantes componentes del sistema. (DELNERO, 2007)

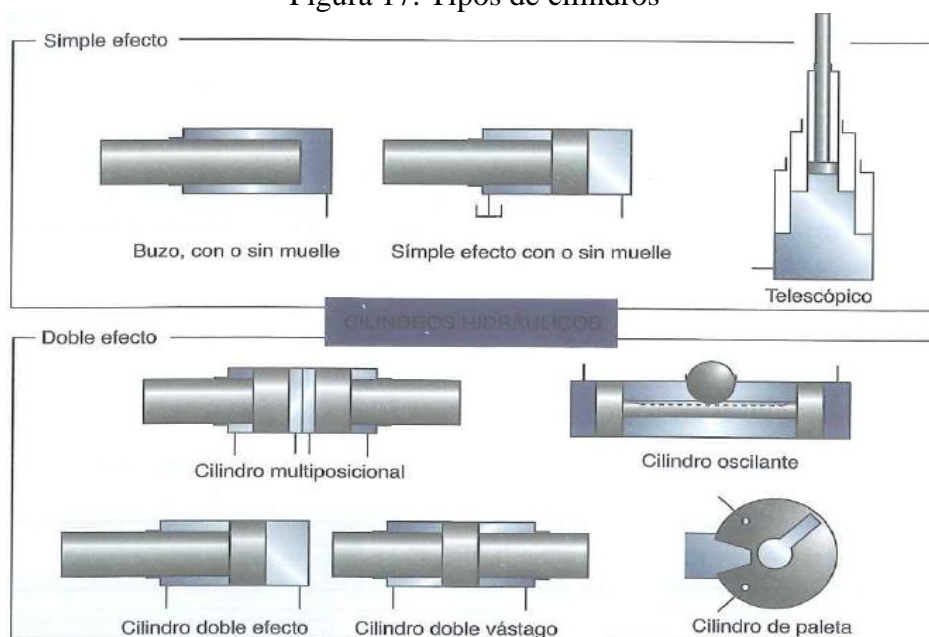
Los cilindros convierten la energía oleohidráulica en un desplazamiento lineal de una fuerza (trabajo lineal). Se basan: en que toda presión aplicada sobre un aceite contenido en un recipiente rígido y cerrado se transmita uniformemente en todas las direcciones.

Figura 16. Cilindros



Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

Figura 17. Tipos de cilindros



Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

Los cilindros se clasifican como: cilindros de simple efecto y cilindros de doble efecto, dentro de los cuales tenemos algunos tipos: cilindros telescópicos, cilindros de doble vástago, cilindros diferenciales y cilindros no diferenciales. En los cilindros de simple efecto, el aceite a presión actúa sobre una sola cámara del pistón y por tanto únicamente puede provocar el movimiento del pistón en un solo sentido, y es el propio peso del pistón, o bien un resorte o un contrapeso el que les hace retroceder, y en cilindros de doble efecto, llamados así porque el aceite a presión puede entrar por una de las caras del pistón y provocar en consecuencia su movimiento forzado en uno u otro sentido. (DELNERO, 2007)

Un cilindro estándar de doble efecto se clasifica también como cilindro diferencial por poseer áreas desiguales, sometidas a la presión, durante los movimientos de avance y retroceso. Esta diferencia de áreas es debida al área del vástago.

2.2.7.1 *Cilindro tipo telescópico.* Se utiliza un cilindro telescópico cuando su longitud comprimida tiene que ser menor que la que se obtiene con un cilindro estándar. La mayoría es de simple efecto, pero también los hay de doble efecto. (DELNERO, 2007)

2.2.7.2 *Cilindro de doble vástago.* Los cilindros de doble vástago se utilizan donde es ventajoso acoplar una carga a cada uno de los extremos del vástago o cuando sea necesario que la velocidad en los dos sentidos de movimiento sea la misma. Son cilindros también de doble efecto, pero no diferenciales. (DELNERO, 2007)

2.2.7.3 *Capacidad de los cilindros.* La capacidad de los cilindros viene determinada por su tamaño y su resistencia a la compresión (pandeo). El tamaño del cilindro viene definido por el diámetro del pistón y por la carrera del vástago. La velocidad del cilindro, la fuerza disponible y la presión necesaria para una carga dada, dependen del área del pistón utilizado. (DELNERO, 2007)

2.2.7.4 *Fuerza en los cilindros.* Para cilindros de simple efecto usamos la siguiente ecuación:

$$F = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot p \cdot \eta - Fr \quad (1)$$

Mientras que en cilindros de doble efecto para el avance usamos:

$$F = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot p \cdot v \eta \quad (2)$$

En el retroceso:

$$F = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_v^2) \cdot p \cdot \eta \quad (3)$$

Dónde:

F = fuerza [N]

d = diámetro interior del cilindro [m]

p = presión del fluido [bar]

d_v = diámetro del vástago del pistón [m]

Fr = fuerza debido a la compresión del resorte [N]

η = rendimientos de los cilindros

La velocidad de movimientos de los vástagos de los cilindros será:

$$v = \frac{L}{t} \quad (4)$$

El caudal consumido por los cilindros de simple efecto y cilindros de doble efecto en el avance de carrera está gobernado por la ecuación (5).

$$Q = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot v \quad (5)$$

Para calcular el caudal consumido por cilindros de doble efecto en el retroceso de carrera usamos la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_v^2) \cdot v \quad (6)$$

Dónde:

v = velocidad media del vástago [m/s]

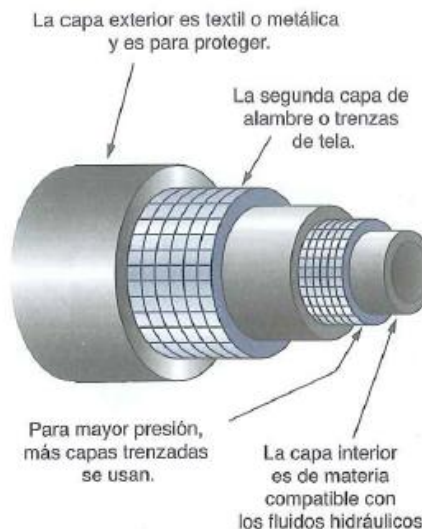
L = carrera del vástago [m]

t = tiempo [s]

Q = caudal [m^3/s]

2.2.8 Tuberías y racores. Para conectar entre sí los distintos elementos que integran una instalación hidráulica se usan dos tipos de tubos esencialmente diferentes: Rígidos y flexibles. Las tuberías rígidas son tubos de acero que soportan altas presiones. Las tuberías flexibles se usan para alimentar aquellos órganos receptores que modifican su posición respecto a los demás durante su funcionamiento, o bien cuando el uso de tuberías rígidas no resulta aconsejable por la presencia de vibraciones debidas al funcionamiento. (MILLÁN, 1995)

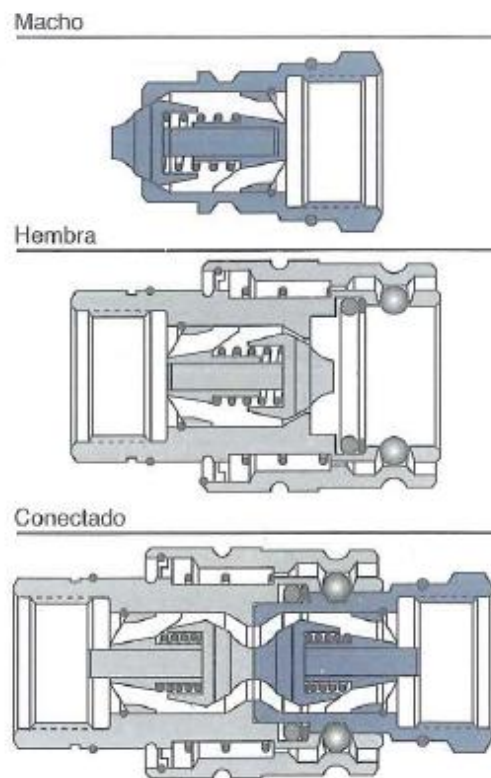
Figura 18. Componentes de una tubería flexible



Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

Estas tuberías soportan valores elevados de presión, pueden flexionarse fácilmente, incluso por la acción de pequeños esfuerzos y permiten las más diversas conformaciones. Según la presión que tengan que aguantar, se fabrican distintos tipos, siendo el número de mallas el que determina su capacidad. Para su unión con los demás órganos, las tuberías flexibles permiten la colocación en sus extremos de manguitos terminales roscados o a presión. Para obtener uniones provisionales de fácil maniobra, incluso en presencia de presión, existen juntas rápidas especiales que permiten enlazar una tubería flexible a un aparato o a otra tubería sometida a presión. Tanto la conexión como la desconexión se efectúan con una simple acción manual, sin mucho esfuerzo ni necesidad de herramientas. (DELNERO, 2007)

Figura 19. Acoplamientos rápidos



Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

Para el diseño de tuberías se utiliza:

$$Q = A \cdot v \quad (7)$$

Dónde:

Q = caudal [m^3/s]

v = velocidad [m/s]

A = superficie [m^2]

$$d = \sqrt{\frac{Q}{1.5\pi \cdot v}} \quad (8)$$

$$e = \frac{p \cdot d}{2\sigma} \quad (9)$$

p = presión de trabajo [bar]

e = espesor [mm]

σ = tensión máxima a la tracción en [kg/cm^2]

2.2.9 Bombas. Las bombas son los elementos encargados de transformar la energía mecánica en energía hidráulica. Se fabrican en muchos tamaños y con muchos sistemas diferentes de bombeo.

Las bombas se clasifican en dos categorías básicas: volumétricas y no volumétricas.

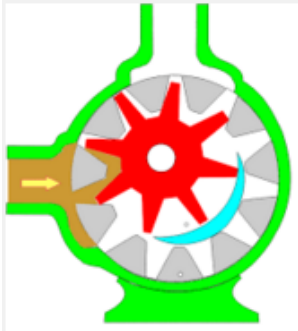
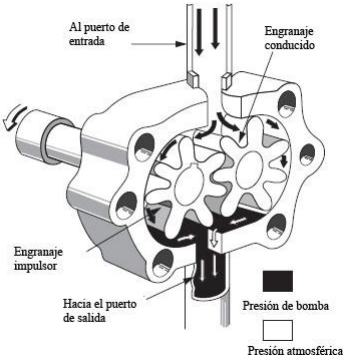
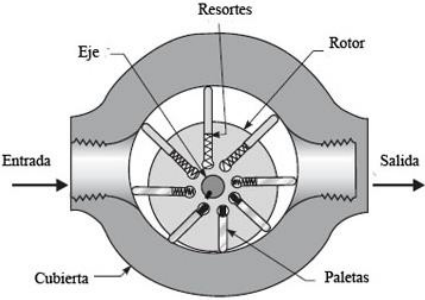
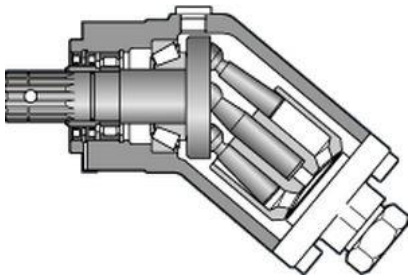
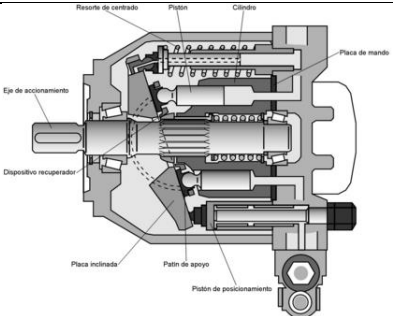
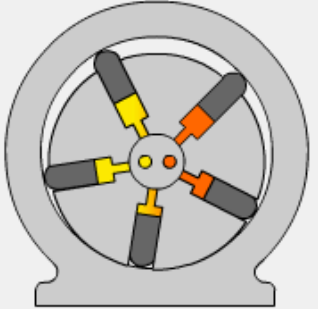
En las bombas no volumétricas también conocidas como bombas de desplazamiento no positivo, el principio básico de funcionamiento es el hidrodinámico, se caracterizan porque el líquido, que es tomado del depósito, es puesto primero en movimiento dentro de la bomba, a una velocidad considerable, experimentando luego una disminución de velocidad que permite adquirir presión, venciendo así las resistencias. Su característica más importante, es la dependencia funcional entre el volumen suministrado y la presión. Dentro de este tipo, las bombas centrífugas son las más conocidas, el fluido entra por el centro del cuerpo y es expulsado hacia el exterior por medio de un rotor que gira rápidamente. La presión alcanzada depende de la velocidad y del tamaño del rotor de la bomba.

El principio hidrostático rige el funcionamiento de las bombas volumétricas, se caracterizan porque el líquido adquiere la presión como producto de la resistencia encontrada por el actuador en su movimiento y por las pérdidas encontradas por el fluido en su recorrido sin experimentar en el interior de la bomba ningún aumento considerable de velocidad, ya que únicamente es aspirado y transportado. El caudal suministrado no depende sensiblemente de la presión, lo que las hace muy adecuadas para la transmisión de potencia. (DE LAS HERAS, 2011)

Tipos de bombas:

- Caudal constante
 - Engranajes: internos o externos
 - Paletas
 - Tornillos
- Caudal variable
 - Paletas sin equilibrar
 - Pistones: radiales, axiales y eje inclinado

Tabla 2. Bombas

Bomba de engranajes internos	Bomba de engranajes externos
	
Bomba de paletas	Bomba de eje inclinado
	
Bomba de pistones axiales	Bomba de pistones radiales
	

Fuente: (TSPRO, 2015)

2.2.9.1 Bombas de engranajes. Son las más difundidas y se caracterizan por: Solidez, adaptación a grandes variaciones de viscosidad del aceite, facilidad de montaje en cualquier posición, amplitud del campo de velocidades de régimen admisibles, facilidad de aspiración, disponibilidad de una amplia gama de caudales en el mercado.

Los elementos básicos son dos engranajes alojados en una carcasa provista de las necesarias acometidas de aspiración e impulsión. Una bomba de engranajes suministra un caudal transportando fluido a presión entre los dos engranajes antes mencionados, que están perfectamente acoplados. Uno de los engranajes es accionado por el eje de la bomba y hace girar al otro. (DE LAS HERAS, 2011)

2.2.9.2 Bomba de paletas. Están constituidas por una carcasa, dentro de la cual gira un rotor, en cuya periferia se hayan dispuestos una serie de elementos móviles, llamados paletas, que delimitan otras tantas cámaras comprendidas entre ellas y el centro del rotor. Gracias a la forma periférica interior de la carcasa que sirve de guía a las paletas, a medida que va aumentando el espacio comprendido entre el rotor y el anillo se crea un vacío parcial en la entrada de la bomba, con lo que el aceite entra en este espacio y queda encerrado en las cámaras de bombeo para ser impulsado hacia la salida cuando este espacio disminuye. El desplazamiento de la bomba depende de la anchura del anillo y del rotor, así como de la separación entre los mismos. (DE LAS HERAS, 2011)

2.2.9.3 Bombas de pistones. Funcionan según el principio de que un pistón, moviéndose dentro de un orificio, aspira fluido al retraerse y lo expulsa en su carrera hacia adelante. Los diseños básicos son en línea, radiales y axiales.

Las bombas de pistones en línea funcionan gracias a que un motor hace girar un cigüeñal, y este giro, gracias a la unión constituida por unas bielas, se transforma en un movimiento oscilante de los pistones, que se desplazan en el interior de unas cámaras o cilindros, consiguiéndose así el efecto de bombeo. En las bombas de pistones radiales, el bloque de cilindros gira sobre un pivote estacionario dentro de un anillo circular o rotor. A medida que el bloque va girando, la fuerza centrífuga, la presión o alguna forma de acción mecánica, obliga a los pistones a seguir la superficie interna del anillo, que es excéntrico con relación al bloque de cilindros. Al tiempo que los pistones se desplazan alternativamente en sus cilindros, los orificios localizados en el anillo de distribución les permiten aspirar fluido cuando se mueven hacia fuera y descargarlo cuando se mueven hacia dentro. En las bombas de pistones axiales el bombeo se produce como consecuencia del movimiento oscilante de un cierto número de pistones dispuestos simétrica y paralelamente al eje principal del bloque de cilindros. (DE LAS HERAS, 2011).

CAPÍTULO III

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE CIRCUITOS OLEOHIDRÁULICOS INDUSTRIALES

3.1 Selección de elementos del banco

El diseño de nuestro banco de pruebas está basado en una necesidad didáctica y no en una necesidad industrial.

El banco tiene como finalidad realizar simulaciones visuales, partiendo de simulaciones virtuales, la actuación de seis cilindros oleohidráulicos, los mismos que estarán distribuidos tres en cada uno de los lados del banco, quedando espacio y los implementos necesarios para poder colocar un motor oleohidráulico.

Para una mejor presentación visual, las practicas se debe realizar con los cilindros de un solo lado del banco según el proceso que se desee demostrar, debido a esto para la selección partiremos solo con tres cilindros oleohidráulicos a una velocidad de 4 cm/s.

Para la selección de los elementos se parte de la necesidad de los actuadores lineales, para lo cual nos imponemos los siguientes parámetros de trabajo.

Presión = 100 bar = $10 \times 10^6 \text{ N/m}^2$

Fuerza = $12 \times 10^3 \text{ N}$

Rendimiento del cilindro = 90%

3.1.1 Selección de cilindros oleohidráulicos. Para la selección de un cilindro debemos conocer su diámetro. Para calcular el diámetro del cilindro partimos de la siguiente ecuación, donde intervienen los parámetros antemencionados como presión, fuerza teórica, fuerza generada en un cilindro en la extensión del pistón y rendimiento del cilindro.

$$F_e = \eta \cdot F_T \quad (10)$$

$$F_T = p \cdot A = \frac{p \cdot \pi d^2}{4} \quad (11)$$

Donde:

F_e = fuerza extensión [N]

p = presión [N/m²]

A = área del cilindro [m²]

η = rendimiento del cilindro

d = diámetro del cilindro [m]

$$d = \sqrt{\frac{4F_e}{\eta\pi p}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4(12 \times 10^3) \text{ N}}{0,9\pi(10 \times 10^6) \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}}$$

$$d = 0,04 \text{ m} = 40 \text{ mm}$$

Figura 20. Capacidad de carga de cilindros según la norma ISO

CARGAS EN CILINDROS HIDRAULICOS EN N													
Diámetro del cilindro (mm)	Diámetro del vástago (mm)	Área del émbolo (cm ²)	Área anular (cm ²)	Rosca de conexión	Rosca punta del vástago	50bar	80bar	100bar	125bar				
						Avance	Retroceso	Avance	Retroceso	Avance	Retroceso	Avance	Retroceso
25	14	4.91	3.37	G1/4	M12X1,25	2453	1684	3925	2694	4906	3368	6133	4210
32	16	8.04	6.03	G 3/8	M14X1,5	4019	3014	6431	4823	8038	6029	10048	7536
40	20	12.56	9.42	G 1/2	M16X1,5	6280	4710	10048	7536	12560	9420	15700	11775
50	25	19.63	14.72	G 1/2	M20X1,5	9813	7359	15700	11775	19625	14719	24531	18398
63	32	31.16	23.12	G 3/4	M27X2	15578	11559	24925	18495	31157	23118	38946	28898
80	40	50.24	37.68	G 3/4	M33X2	25120	18840	40192	30144	50240	37680	62800	47100
100	50	78.50	58.88	G 1	M42X2	39250	29438	62800	47100	78500	58875	98125	73594
125	63	122.66	91.50	G 1	M48X2	61328	45750	98125	73200	122656	91500	153320	114375
160	80	200.96	150.72	G 1 1/4	M64X3	100480	75360	160768	120576	200960	150720	251200	188400
200	100	314.00	235.50	G 1 1/4	M80X3	157000	117750	251200	188400	314000	235500	392500	294375

Fuente: (Gamarra, 2015)

Como la disposición de nuestros cilindros en el banco es tal que no tienen que vencer ninguna fuerza externa, seleccionamos cilindros de doble efecto con diámetros de 32 y 40 mm con distintas carreras de vástago.

Figura 21. Cilindros oleohidráulicos



Fuente: Autores

Tabla 3. Cilindros seleccionados

Cantidad	Tipo de cilindro	Ø cilindro [mm]	Ø vástago [mm]	Carrera [mm]
2	doble efecto	32	16	300
1	doble efecto	32	16	230
1	doble efecto	32	16	140
1	doble efecto	40	20	140
1	doble vástago	32	16	80

Fuente: Autores

En las siguientes figuras se puede observar la disposición de cilindros en el banco

Figura 22. Clindros del Panel A



Fuente: Autores

Figura 23. Clindros del Panel B



Fuente: Autores

Para seleccionar la bomba debemos conocer el volumen de aceite de un cilindro que es igual a multiplicar el área efectiva del cilindro por la carrera del vástago.

$$V = A \cdot L \quad (12)$$

Dónde:

V = volumen de aceite de un cilindro [cm^3]

L = carrera del vástago [cm]

A = área efectiva del cilindro [cm^2]

En vista que tenemos diámetros de 32 y 40 mm debemos calcular las áreas respectivas

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Área del cilindro de 32 mm de diámetro

$$A_1 = \frac{\pi (3,2 \text{ cm})^2}{4} = 8 \text{ cm}^2$$

Área del cilindro de 40 mm de diámetro

$$A_2 = \frac{\pi (4 \text{ cm})^2}{4} = 12,6 \text{ cm}^2$$

Para calcular el volumen de aceite del panel A sumamos el volumen de aceite de cada cilindro ubicado en el panel, lo mismo hacemos para determinar el volumen de aceite del panel B.

$$V_{panel A} = (8 \times 30 + 8 \times 23 + 12,6 \times 14) \text{ cm}^3$$

$$V_{panel A} = 602,2 \text{ cm}^3 = 0,62 \text{ l}$$

$$V_{panel B} = (8 \times 30 + 8 \times 14 + 8 \times 8) \text{ cm}^3$$

$$V_{panel B} = 418 \text{ cm}^3 = 0,42 \text{ l}$$

Se puede observar que el Panel A del banco consume mayor cantidad de aceite

$$V_{banco} = V_{panel A} + V_{panel B} \quad (13)$$

$$V_{banco} = 0,62 \text{ l} + 0,42 \text{ l} = 1,04 \text{ l}$$

Con ayuda de la ecuación número (7) encontramos el caudal necesario para el panel A del banco, para una velocidad de 4 cm/s

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = \frac{\left[2 \left(8 \text{ cm}^2 \times 4 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \right) + 12,6 \text{ cm}^2 \times 4 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \right] \times 1 \text{ l} \times 60 \text{ s}}{1000 \text{ cm}^3 \times \text{min}}$$

$$Q = 6,87 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Este lado consta de espacio disponible, para que en un futuro se pueda ampliar algún elemento faltante, por lo que se escoge un caudal de 8 l/min.

3.1.2 Selección de la Bomba. Los principales factores que influyen en la selección de una bomba, son: la presión que soportan, el caudal que impulsan, el ruido, el rendimiento tanto volumétrico como mecánico y el costo. Estos factores son determinantes a la hora de seleccionar una bomba tomando en cuenta además que en los tiempos actuales las consideraciones son el máximo de rendimiento al mínimo costo. En las bombas volumétricas o también conocidas como bombas de desplazamiento positivo, el caudal suministrado no depende sensiblemente de la presión, lo que las hace muy adecuadas para la transmisión de potencia.

Las bombas volumétricas son aquellas que suministran la misma cantidad de líquido en cada ciclo o revolución del elemento de bombeo, independiente de la presión que encuentre el líquido a su salida.

Las bombas positivas tienen la ventaja de que para poder trabajar no necesita “cebarse”, es decir, no es necesario llenar previamente el tubo de succión y el cuerpo de la bomba para que ésta pueda iniciar su funcionamiento, tal como acontece en las bombas centrífugas. En las bombas positivas, a medida que la bomba por sí misma va llenándose de líquido, éste va desalojando el aire contenida en la tubería de succión, iniciándose el escurrimiento a través del sistema cuando ha acabado de ser desalojado el aire. (DE LAS HERAS, 2011)

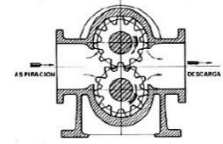
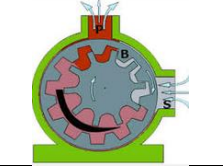
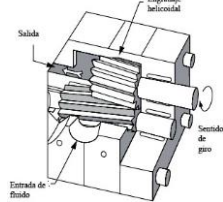
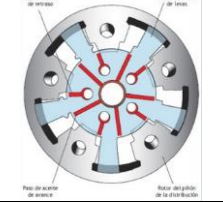
La homogeneidad de caudal en cada ciclo se consigue gracias a unas tolerancias muy ajustadas entre el elemento de bombeo y la carcasa de la bomba. Así, la cantidad de líquido que fuga interiormente en la bomba de desplazamiento positivo es mínima, y despreciable comparada con el máximo caudal de la misma. Cuando estas bombas presentan fugas internas considerables deben ser reparadas o sustituidas ya que no trabajan correctamente, orientativamente el rendimiento volumétrico de las bombas de desplazamiento positivo, aunque varía de un tipo a otro no debe ser inferior al 85%.

En la bomba de desplazamiento no positivo, cuando el esfuerzo a vencer por el sistema alcance un valor determinado, la bomba dejará de dar caudal y el equipo se detendrá. En el caso anterior, y aun antes de alcanzar este valor concreto de presión, el caudal va disminuyendo notablemente, por lo que no se dispone de un control preciso de la velocidad de movimiento del sistema. Las fugas internas en este tipo de bombas

implican un elevado consumo de energía mecánica que se desaprovecha al no convertirse en energía hidráulica. (DE LAS HERAS, 2011). Razón por la cual descartamos este tipo de bombas en la implementación del banco de pruebas.

El caso particular del banco de prueba en estudio, se selecciona el tipo de bomba más común del mercado, como lo es la bomba de engranajes.

Tabla 4. Criterios para la selección de una bomba

	Tipo de bomba	rpm	Volumen expulsión [cm³]	Presión nominal [bar]	Rendimiento
	Bomba de engranajes externos	500-3500	1,2-250	63-160	0,8-0,91
	Bomba de engranajes internos	500-3500	4-250	160-250	0,8-0,91
	Bomba helicoidal	500-4000	4-630	25-160	0,7-0,84
	Bomba de aletas celulares	960-3000	5-160	100-160	0,8-0,93

Fuente: Autores

Con el caudal encontrado anteriormente determinamos la cilindrada de la bomba utilizando un rendimiento de 0,9 a una velocidad angular de 1720 rpm

$$Q = Cr \cdot w \quad (14)$$

Dónde:

Cr = cilindrada de la bomba [cm³/rev]

w = velocidad angular [rpm]

$$Cr = \frac{Q}{w}$$

$$Cr = \frac{8 \frac{l}{min}}{1720 \text{ rpm}} \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 l}$$

$$Cr = 4,6 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$$

$$Cr_{real} = \frac{Cr}{\eta}$$

$$Cr_{real} = 5,2 \frac{\text{cm}^3}{\text{rev}}$$

Figura 24. Datos técnicos de la bomba

MODEL	DISPLACEMENT		PRESSURE psi(MPa)		RPM RANGE	DIMENSIONS inch(mm)		WEIGHT	
	cir	cm ³ /r	CONTINUOUS	MAX.		A	L	Kg	LBS
0S	0.04	0.6	3000(21)	3600(25)	600 4000	1.626(41.29)	3.212(81.58)	1.23	2.71
01	0.08	1.3	3000(21)	3600(25)		1.655(42.04)	3.271(83.08)	1.26	2.77
02	0.12	2.0	3000(21)	3600(25)		1.694(43.04)	3.350(85.08)	1.29	2.84
27	0.16	2.7	3000(21)	3600(25)		1.734(44.04)	3.428(87.08)	1.32	2.90
35	0.21	3.4	3000(21)	3600(25)		1.773(45.04)	3.507(89.08)	1.36	2.99
04	0.25	4.1	3000(21)	3600(25)		1.813(46.04)	3.586(91.08)	1.37	3.01
05	0.31	5.1	3000(21)	3600(25)		1.872(47.54)	3.704(94.08)	1.43	3.15
06	0.37	6.1	3000(21)	3600(25)	600 (※) 2500	1.931(49.04)	3.822(97.08)	1.49	3.28
07	0.45	7.4	2850(20)	3300(23)		2.009(51.04)	3.980(101.08)	1.54	3.39
09	0.55	9.1	2550(18)	2850(20)		2.108(53.54)	4.176(106.08)	1.61	3.54
11	0.67	11.0	2550(18)	2850(20)		2.226(56.54)	4.412(112.08)	1.72	3.78
13	0.82	13.5	2550(18)	2850(20)		2.364(60.04)	4.688(119.08)	1.84	4.05

Fuente: Catálogo Honor Gear Pumps

En base a los cálculos realizados se procede a la selección para el presente proyecto, de una bomba de engranajes de 8 l/min \approx 2 GPM con una cilindrada de 6.1 cm³/rev.

Marca: Honor Gear Pump

Modelo 1AG2U06R.

Desplazamiento: 0,37cir (pulgadas cubicas)

Presión máx.: 3600 psi

Rango de revoluciones: 600 - 4000 rpm

Figura 25. Bomba



Fuente: Catálogo Honor Gear Pumps

3.1.3 Selección de motor eléctrico. La selección lo hacemos en base a su Potencia.

La potencia del motor calculamos utilizando la siguiente ecuación:

$$P = \frac{p \cdot Q}{600 \eta} \quad (15)$$

Dónde:

p = presión = 100 bar

Q = caudal = 8 l/min

η = rendimiento de la bomba = 90%

$$P = \frac{100 \text{ bar} \times 8 \frac{\text{l}}{\text{min}}}{600 \times 0,9}$$

$$P = 1,48 \text{ kW} = 1,9 \text{ Hp}$$

Seleccionamos un motor eléctrico de las siguientes características:

- Potencia: 2 Hp
- Revoluciones: 1720 rpm
- Marca: WEG Monofásico de 4 polos
- Conexión: 110V/220V

Figura 26. Motor eléctrico



Fuente: Autores

3.1.4 *Válvulas direccionales.* Las válvulas direccionales inician, detienen y dirigen el fluido.

Para seleccionar las válvulas direccionales se deben tomar en cuenta los siguientes parámetros.

3.1.4.1 *Código de origen*

D G 03-2 A -220VAC – 82 –DN

Dónde:

D = válvula de control direccional.

G = tipo de montaje o MANIFOLD.

03 = tamaño nominal de la válvula: NG 6, CETOP 3 and ISO 4401-03

2 = tipos de centros.

A = disposición de resorte

220VAC = voltaje













82 = número de diseño

DN = opciones eléctricas

El tamaño nominal de la válvula como también el tipo de centro son fundamentales para seleccionar las válvulas de control direccional, seguidas del accionamiento, el tipo de montaje y por supuesto el voltaje.

Se escogió el montaje Manifold para facilitar las conexiones.

Figura 27. Tipos de Centros

0	1	2	3	5
				
6	7	8	11	22
				
31	33			
				

Fuente: (INTERNATIONAL, 2014)

Dónde:

- 0 = centro abierto (todos los puertos)
- 1 = centro abierto (P, A a T)
- 2 = centro cerrado (todos los puestos)
- 3 = centro cerrado (P; B)
- 5 = centro cerrado (T; B)
- 6 = centro cerrado (P solamente)
- 7 = centro abierto (P a A, B)
- 8 = centro Tándem (P a T)
- 11 = centro abierto (P, B a T)
- 22 = centro cerrado (dos vías)
- 31= centro cerrado (P, A)
- 33 = centro cerrado (bleed AB)

Las principales disposiciones del resorte son:

- A = Resorte compensado al puerto “A” con un solenoide
- AL = Resorte compensado al puerto “B” con un solenoide
- B = Resorte centrado con un solenoide
- BL = Resorte centrado con un solenoide
- C = Resorte centrado doble solenoide

3.1.4.2 Selección de válvulas direccionales

Figura 28. Válvulas de control dirreccional



Fuente: Autores

Seleccionamos las válvulas de control direccional pilotadas por solenoides de 4 vías 3 posiciones siguientes:

Tabla 5. Válvulas seleccionadas

Designación	Tipo de centro	Cetop
DG03-2A -220VAC – 82 –DN	cerrado	3
DG03-2C -220VAC – 82 –DN	cerrado	3
DG03-3C -220VAC – 82 –DN	especial	3
DG03-6C -220VAC – 72 –DN	punto flotante	3
DG03-0C -220VAC – 72 –DN	abierto	3
DG03-8C -220VAC – 82 –DN	tándem	3

Fuente: Autores

3.1.5 Selección de válvulas de control de flujo. Permiten controlar y regular la velocidad del fluido oleohidráulico.

Podemos controlar la velocidad de un cilindro regulando a la salida, a la entrada o por diferencia, lo más práctico es emplear una bomba de caudal constante y una válvula reguladora de caudal.

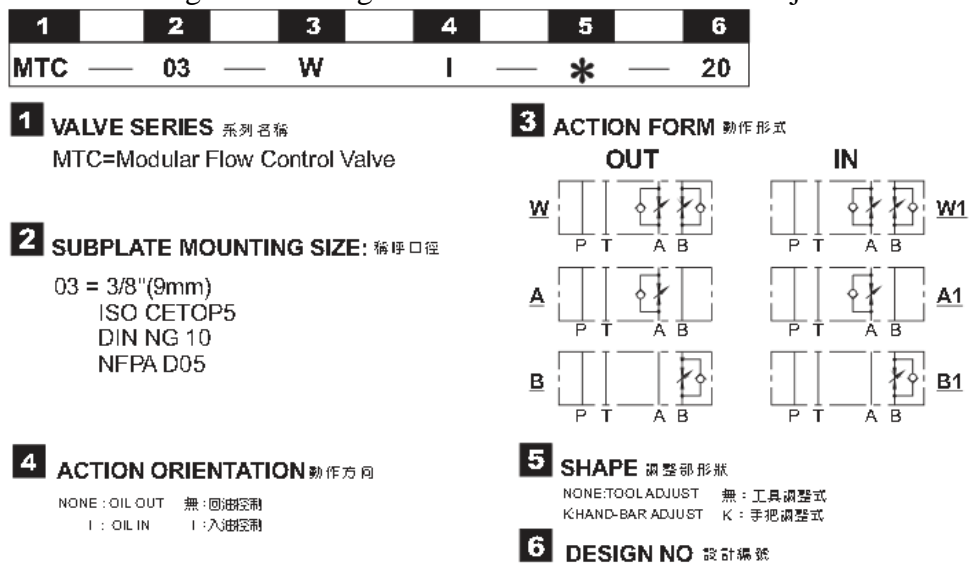
Tabla 6. Especificaciones

Modelo	Presión máx. [bar]	Conexión	Caudal máx. [lpm]	Peso [kg]
MTC-03-A, B	250	3/8"	80	2,6
MTC-03-W				2,8
MTC-03-W1				2,8
Tipo de fluido		ISO VG 32, 46, 68		
Viscosidad		59-1854 SSU		
Temperatura de operación		15-70 °C		

Fuente: (INTERNATIONAL, 2011)

3.1.5.1 Designación de las válvulas de control de flujo. Según el catalogo International tenemos una designación general que se puede observar en la siguiente figura.

Figura 29. Designación válvulas de control de flujo



Fuente: (INTERNATIONAL, 2011)

Figura 30. Válvula de control de flujo



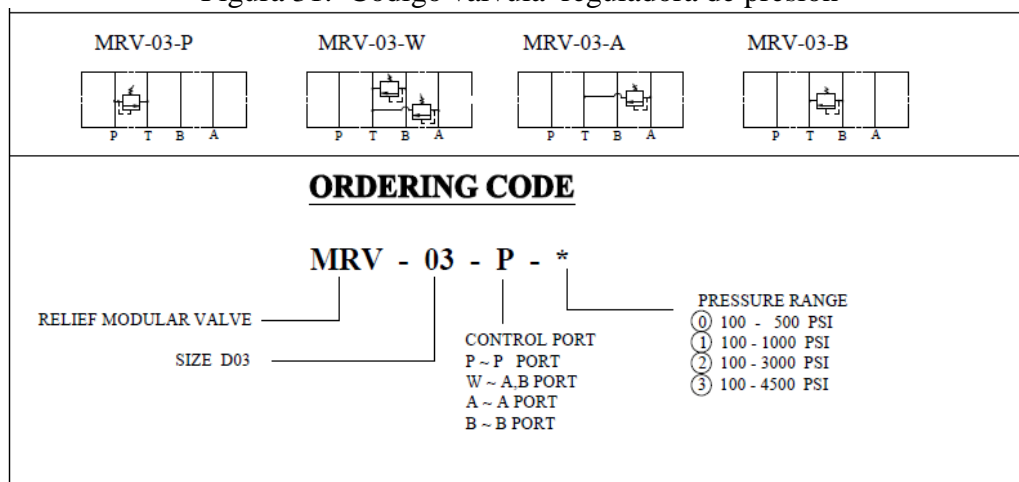
Fuente: (INTERNATIONAL, 2011)

Se seleccionaron dos válvulas reguladoras de caudal de las siguientes características:

- Tipo: MTC03-W1 ISO 4401 CETOP 3
- Controlado por los puertos Ay B
- Presion:206 bar

3.1.6 Selección de válvula relief o válvula reguladora de presión. La Válvula es indispensable ya que protege al circuito de daño debido a presiones excesivas. La regulación de la Válvula Relief se realiza por medio de la manilla de ajuste, éste proceso se realiza con el equipo en funcionamiento.

Figura 31. Código válvula reguladora de presión



Fuente: (INTERNATIONAL, 2010)

Figura 32. Especificaciones válvula reguladora de presión

TYPES	SIZE	MAX. PRESSURE (PSI)	RATED FLOW (GPM)	PRESSURE RANGE (PSI)	WEIGHT lbs
MRV-03-P-*	D03	4500 PSI	15	① 100 - 500 PSI	3.30
MRV-03-W-*				② 100 - 1000 PSI	5.07
MRV-03-A-*				③ 100 - 3000 PSI	3.50
MRV-03-B-*				④ 100 - 4500 PSI	3.50

Fuente: (INTERNATIONAL, 2010)

Figura 33. Válvula reguladora de presión



Fuente: (INTERNATIONAL, 2010)

Se seleccionaron las válvulas relief de las siguientes características:

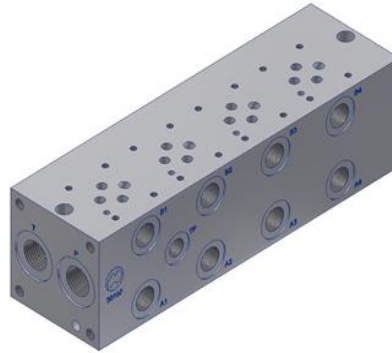
Tabla 7. Válvulas reguladoras de presión seleccionadas

Tipo	Cetop	Presión máx. [psi]	Puerto
MRV-03-P2	03	3000	P
MPC-03-W1		1000	A, B
MRV-03-B3		4500	B
MRV-03-A2		3000	A

Fuente: Autores

3.1.7 Selección del manifold

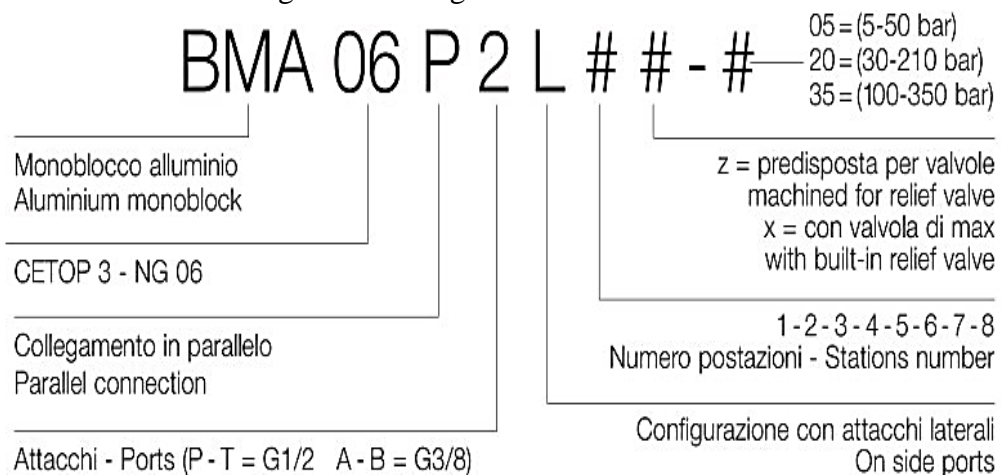
Figura 34. Manifold



Fuente: (Hydraulic innovators, 2015)

El manifold proporciona el método más económico y compacto para el montaje, cableado y la unión de varias válvulas para formar un sistema oleohidráulico.

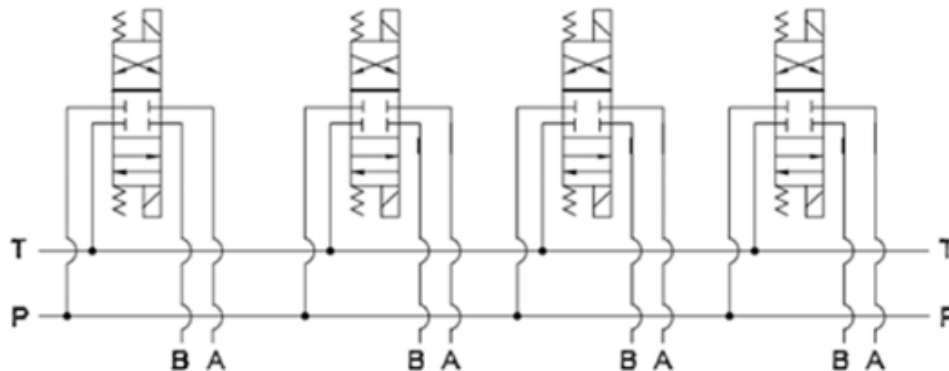
Figura 35. Designación de un manifold



Fuente: (OIIT, 2015)

3.1.7.1 Circuito de conexión de un manifold

Figura 36. Circuito de conexión de un manifold



Fuente: (OIIIT, 2015)

Para la selección entramos con el CETOP 3 NG 6 de las válvulas, ayudamos en las tablas escogemos el rango de presión de 30 a 260 bar, por lo que nuestro manifold seria:

Datos Generales:

- Características: CETOP 3 NG 6 instalación en paralelo para flujo normal
- Serie: BMA 06 P2 L 4 Z-20
- Presión: 30-260 bar
- Puertos: P y T = 1/2", A y B = 3/8", GA = 1/4"

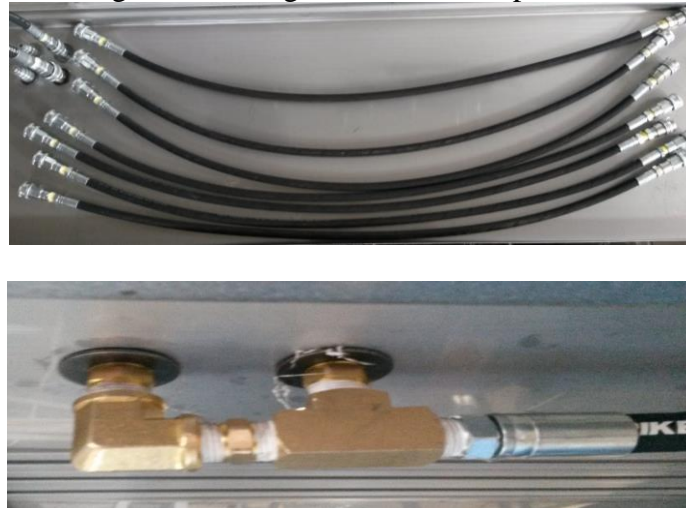
3.1.8 Selección de mangueras, tubos y adaptadores hidráulicos. Al tratarse de un banco de prueba didáctico es indispensable que sea muy versátil desde el punto de vista que permita armar varios circuitos, esto es posible gracias a las mangueras hidráulicas y al conector rápido.

Como se puede apreciar en el esquema general cada componente cuenta con un conector rápido macho y las mangueras con un conector hembra, el empleo de cada manguera dependerá de la distancia entre cada componente teniendo siempre en consideración radios generosos de curvatura de lo contrario se puede dañar la malla interior de la manguera pudiendo causar algún accidente.

Un parámetro fundamental de las tuberías es el diámetro nominal, que está expresado por el diámetro interior de las mismas y que ha sido objeto de una normalización. El

orificio de admisión de la bomba es generalmente mayor que el de salida debido a que debe acomodar un tubo de diámetro mayor. Es una buena práctica mantener este tamaño en toda la longitud de la línea de admisión a la bomba y que ésta sea lo más corta posible. Hay que evitar los codos y reducir al mínimo el número de accesorios en la línea de entrada, para evitar pérdidas de carga.

Figura 37. Mangueras, tubos, adaptadores



Fuente: Autores

Como generalmente existe un vacío a la entrada de la bomba, las conexiones en la línea de entrada deben de ser estancas, ya que de otra forma podría entrar aire en el sistema. Las pérdidas de carga en las tuberías de retorno originan pérdidas de energía. Hay que utilizar tuberías de tamaño adecuado para asegurar pérdidas reducidas y hacer mínimos los accesorios y los codos. Las líneas de retorno deben terminar debajo del nivel de aceite del depósito para impedir que haya turbulencia y aireación. (MILLÁN, 1995)

Para el cálculo del diámetro de la tubería se debe tener en cuenta: La caída de presión, el coeficiente geométrico y sobretodo los criterios de velocidades en las tuberías.

Los Criterios de velocidad a considerar son:

Velocidad para líneas de succión 0,6.....1,2 m/s

Velocidad para líneas de presión 2.....4 m/s

Velocidad para líneas de descarga 2.....6 m/s

Para succión escogemos 0,6 m/s; para presión 4 m/s y para descarga 2 m/s.

Con la ecuación número (7), despejando el caudal hallamos el diámetro de tubería.

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

$$d_{\text{suc}} = 0,5 \text{ plg}, v = 0,6 \text{ m/s}$$

$$d_{\text{presión}} = 0,2 \text{ plg}, v = 4 \text{ m/s}$$

$$d_{\text{des}} = 3/8 \text{ plg}, v = 2 \text{ m/s}$$

Figura 38. Tubo milimétrico recomendado

Diámetro nominal	Espesor pared (mm)	Diámetro exterior (mm)
1/8"	2	10,2
1/4"	2,35	13,5
3/8"	2,35	17,2
1/2"	2,65	21,3
3/4"	2,65	26,9
1"	3,25	33,7
1-1/4"	3,25	42,4
1-1/2"	3,25	48,3
2"	3,65	60,3
2-1/2"	3,65	76,1
3"	4,05	88,9
3-1/2"	4,05	101,6
4"	4,50	114,3
4-1/2"	4,50	127,0
5"	4,85	139,7
6"	4,85	165,1

Fuente: (HERNANDEZ, y otros, 2013)

Estos serían los diámetros para seleccionar nuestra tubería, pero debido a que nuestro banco es didáctico y no estará expuesto a fuertes presiones ni sometido a ninguna clase de fuerza seleccionamos las siguientes tuberías:

Para succión seleccionamos una tubería de acero cedula 40 de 1/2" de diámetro, mientras que para presión y descarga se seleccionó tubería flexible.

Para Presión

- Característica: SAE 100R1AT WP180BAR 2615 PSI
- Tipo de conexión: retorno al tanque
- Fijación: acoples rápidos INTEVA SPAIN ISO A DN10 3/8" NPT 39/12
- Dimensiones: 3/8"
- Marca: PIKES

Para descarga

- Característica: SAE J517 EN853 WP 225 BAR 3260 PSI
- Tipo de conexión: alimentación de válvulas y cilindros
- Fijación: acople rápido INTEVA ISO A DN06 1/4" NPT
- Dimensiones: 1/4"
- Marca: Goodyear

3.1.9 Selección de depósito

Figura 39. Depósito



Fuente: Autores

En el estanque además de almacenar el aceite permite controlar otros factores como es el disipar calor, eliminar turbulencia, evitando así formación de burbujas. También cuenta con accesorios que permiten obtener información sobre el nivel, temperatura, estado del filtro, todos factores importantes en cualquier central oleohidráulica.

Para calcular el volumen del depósito para un sistema de varios cilindros utilizamos la siguiente formula:

$$V_{dep} = V_{panel A} + V_{panel B} + V_{acumulador} \quad (16)$$

$$V_{dep} = 0,62 \text{ l} + 0,42 \text{ l} + 0,43 \text{ l}$$

$$V_{dep} = 1,47 \text{ l}$$

Se puede observar que al aplicar este criterio nuestro deposito es de volumen muy pequeño que no habría espacio suficiente para instalar los distintos elementos que van dentro de este, por lo que procedemos a aplicar el criterio del Manual técnico de Mecánica y seguridad industrial que dice: La regla general para calcular el volumen del depósito debe ser tres veces aproximadamente el caudal que da la bomba.

$$Q = 8 \text{ l/min}$$

Por lo tanto, el volumen del depósito será de $3 \times 8 \text{ l} = 24 \text{ l}$ aproximadamente.

$$V_{dep} = 24 \text{ l} = 6,34 \text{ gal} \approx 7 \text{ gal}$$

Características.

- Plancha acero SAE 1030 espesor 3 mm
- Volumen = 7 gal
- Ancho = 270 mm
- Altura = 270 mm
- Profundidad = 360 mm
- Tipo: cerrado

3.1.10 Selección del acumulador. Para seleccionar el acumulador debemos calcular su volumen en litros aplicamos la siguiente formula:

$$V = \frac{\Delta p \times P_2 \times P_1}{P_0 (P_2 - P_1) \times K} \quad (17)$$

Dónde:

V = volumen del acumulador en litros

Δ_v = volumen en litros que debe dar en su funcionamiento ($160 \text{ cm}^3 = 0,16 \text{ l}$)

P_2 = presión máxima a la que debe funcionar el circuito con el acumulador (210 bar)

P_1 = presión mínima a la que debe funcionar el circuito con el acumulador

P_0 = Presión de hinchado en bar (60bar)

K = 0,6 llenado o vaciado rápido

K = llenado o vaciado lento

Generalmente,

$$P_0 = 0,9P_1 \quad (18)$$

Despejando P_1

$$P_1 = \frac{P_0}{0,9}$$

$$P_1 = \frac{60 \text{ bar}}{0,9}$$

$$P_1 = 66,66 \text{ bar}$$

Reemplazando los valores correspondientes en la ecuación (17) hallamos en volumen del acumulador:

$$V = \frac{\Delta_v \times P_2 \times P_1}{P_0 (P_2 - P_1) \times K}$$



















$$V = \frac{0,16 \times 210 \times 66,66}{60 (210 - 66,66) \times 0,6}$$

$$V = 0,434 \text{ l}$$

$$V = 434 \text{ cm}^3$$

3.1.10.1 Especificaciones

Figura 40. Especificaciones de un acumulador

Descripción	Brand		Volumen (cc)	Presión estándar de llenado (bar)
 WA21020051OFDA30 Acumulador 0,05 l 210/30 bar			50	30
 WA21020161OFDA100 Acumulador 0,16 l 210/100 bar			160	100
 WA21020161OFDA30 Acumulador 0,16 l 210/30 bar			160	30
 WA21020161OFDA60 Acumulador 0,16 l 210/60 bar			160	60
 WA21020351OFDA30 Acumulador 0,35 l 210/30 bar			350	30
 WA21020501OFDA30 Acumulador 0,5 l 210/30 bar			500	30

Fuente: (SAIP, 2015)

Selecciono un acumulador de las siguientes características:

Figura 41. Acumulador



Fuente: Autores

- Acumulador de Membrana SAIP
- Serie: WA210205010FDA30
- Volumen: 500 cm³
- Presión de trabajo: 60 a 210 bar
- Precarga: gas nitrógeno.

3.1.11 *Cables (azul y rojo)*

Características:

- Marca: phelps dogge
- Denominación: Cu 18 AWG, 600 V

3.1.12 *Puntas de conexión.*

Características:

- Color: Rojo y Negro
- Denominación: Cu – AWG, 600 V
- Temperatura: 105°C

3.1.13 *Pulsadores*

Características:

- Marca: Camsco
- Color: Rojo y Verde
- Denominación: AC 15, 240 V

3.1.14 *Selectores.*

Características:

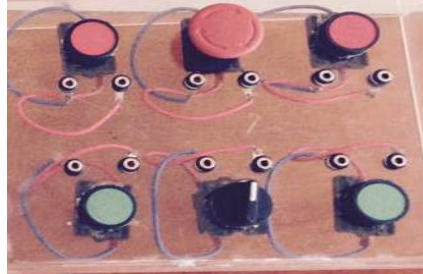
- Marca: Camansco
- Color: Rojo y Verde
- Denominación: AC 15, 240 V

3.2 **Descripción de los módulos eléctricos**

Los módulos se realizaron en acrílico a través de corte, perforado y pegado, para luego proceder a la conexión de los circuitos por medio de suelda con cautín.

3.2.1 *Módulo de pulsadores.* Los pulsadores son dispositivos eléctricos de control manual que inician o detienen el funcionamiento del banco de pruebas didáctico.

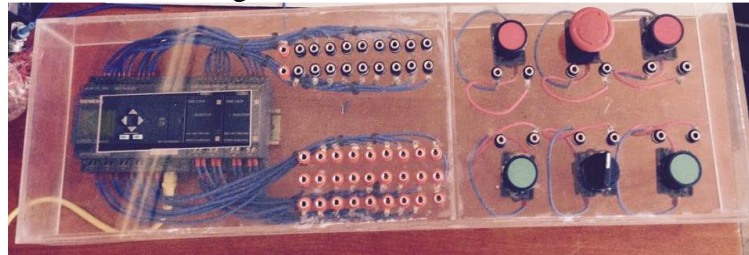
Figura 42. Módulo de pulsadores



Fuente: Autores

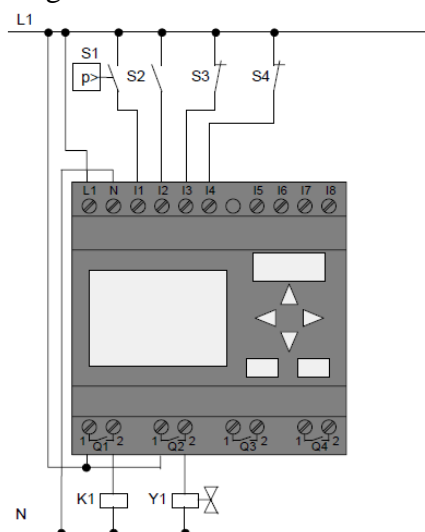
3.2.2 *Módulo del PLC.* Un Controlador Lógico programable más conocido por sus siglas como PLC es una computadora utilizada para automatizar procesos electromecánicos. Está diseñado para múltiples señales de entrada y salida, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a las vibraciones y al impacto.

Figura 43. Módulo del PLC



Fuente: Autores

Figura 44. Conexión de un PLC



Fuente: Manual LOGO SIEMENS

CAPÍTULO IV

4. PRUEBAS DE LOS CIRCUITOS OLEOHIDRÁULICOS

4.1 Circuitos oleohidráulicos

Con el fin de realizar las pruebas de los diferentes circuitos oleohidráulicos, se utilizaron los siguientes métodos.

4.1.1 *Método de eliminación del control doble.* Este método se da cuando tenemos un conflicto de señales, es decir cuando la válvula es pilotada por ambas señales, en consecuencia, la válvula no puede reaccionar.

4.1.1.1 *Reglas para solucionar el control doble.* Se puede eliminar el control doble de la siguiente manera.

- Con válvulas de memoria, normalmente 3/2
- Con fines de carrera de gatillo que colapsan la posición de su rodillo en sentido contrario al que dan la señal.
- Con válvulas de funcionamiento alternativo, con un accionamiento le imponemos una posición con el siguiente lo cambia. Un movimiento no comienza hasta que el anterior no se haya realizado

4.1.1.2 *Diagrama de movimientos funcionales.* La secuencia de movimientos se puede representar mediante dos diagramas de desplazamiento:

- diagrama de desplazamiento-fase
- diagrama de desplazamiento-tiempo.

En los diagramas de desplazamiento fase se puede representar los movimientos en función de los cambios de estado, mientras que en los diagramas de desplazamiento tiempo permite determinar el tiempo en realizar un determinado movimiento.

4.2 Guía de laboratorio

Para reforzar los conocimientos de los sistemas oleohidráulicos industriales recomendamos realizar los siguientes laboratorios.


4.2.1 *Laboratorios*

- Identificación y familiarización con los componentes oleohidráulicos
- Identificación y codificación de válvulas de control direccional accionadas por solenoides, válvulas relief y válvulas reguladoras de caudal
- Regulación de la velocidad de actuación
- Regulación de presión
- Control de cilindros de doble efecto con válvulas direccionales
- Sincronización y control simultaneo de actuadores lineales
- Método de programación GRAFCET
- Descripción y uso del PLC LOGO
- Secuencia con tres actuadores oleohidráulicos
- Secuencia de cuatro actuadores con regulación de caudal y retención por piloto modular
- Utilización de un acumulador en circuitos con emergencia

4.2.2 *Modelo de una Guía de Laboratorio.* La guía recomendada está basada en el Manual de Oleohidráulica y Neumática de la Escuela de Ingeniería Mecánica donde especifica los puntos que debe contener el informe de laboratorio, redactado por cada uno de los estudiantes o por el grupo de trabajo.

De acuerdo a la nueva modalidad de estudio la teoría debe ir acompañada de la práctica para reforzar los conocimientos impartidos, siendo el alumno capaz de llenar todos los campos del informe de laboratorio, ubicando; en tema el nombre de la práctica, en objetivos los puntos a demostrar, el marco teórico tendrá la teoría necesaria para analizar los datos, en materiales los elementos utilizados, el procedimiento constara de los pasos a seguir, el esquema tendrá un gráfico representativo del ensayo, el análisis de datos constara de gráficos estadísticos, tablas, fórmulas para determinar los resultados y realizar las conclusiones en base a los objetivos y redactar las recomendaciones, finalmente se pondrá la bibliografía empleada.

Tabla 8. Logotipo para la guía de Laboratorio

	INFORME DE LABORATORIO	Código:
		Realizado por:
		Revisado por:
Versión: 2016	Laboratorio de Oleohidráulica y Neumática	Calificación:

Fuente: (Guía Laboratorio de Mecánica 2010)

- Tema
- Objetivos
- Marco Teórico
- Materiales Herramientas y equipos
- Procedimiento
- Esquema
- Análisis de datos
- Conclusiones
- Recomendaciones
- Bibliografía

4.3 Ejercicios realizados

De los laboratorios recomendados se realizan los ejercicios, mientras los que son de teoría los planteamos con los nombres de los equipos esenciales que interviene en esa práctica para que el estudiante consulte y entienda el funcionamiento del mismo. Se anexa una guía de laboratorio completa.

4.3.1 *Identificación y funcionamiento de los componentes oleohidráulicos.* Para este laboratorio el estudiante deberá investigar y entender el funcionamiento de los distintos componentes oleohidráulicos como:

- Fluido oleohidráulico
- Depósito
- Acumulador
- Filtros
- Bomba
- Motor
- Válvula de seguridad
- Manómetro
- Distribuidores (válvulas de vías)
- Válvulas auxiliares
- Válvulas de regulación
- Reguladores de caudal
- Cilindros

4.3.2 *Identificación y codificación de válvulas.* Como son válvulas de control direccional accionadas por solenoides, válvulas reguladoras de presión y válvulas reguladoras de caudal.

El estudiante debe investigar el funcionamiento y entender el código de origen que tienen estas válvulas, además los tipos de mandos, el número de vías y posiciones de las válvulas de control direccional.

4.3.3 *Ejercicio de Regulación de velocidad de actuación.* Este ejercicio corresponde a la práctica donde se requiere demostrar la regulación de velocidad de actuación de un cilindro, manipulando el caudal de flujo para lo cual se deben utilizar las siguientes válvulas:

- Válvula Relief MRV03-P2 ISO 4401
- Válvula reguladora de caudal MTC03-W1 ISO 4401
- Válvulas de 4 vías 3 posiciones de control direccional accionada por solenoides

Figura 45. Circuito oleohidráulico de Regulación de velocidad de actuación

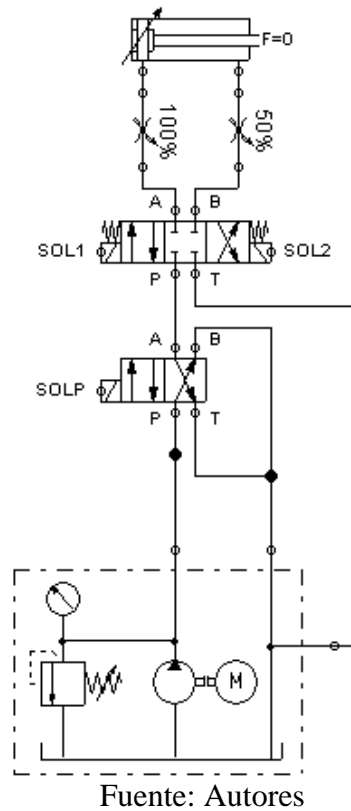


Figura 46. Circuito eléctrico de Regulación de velocidad de actuación

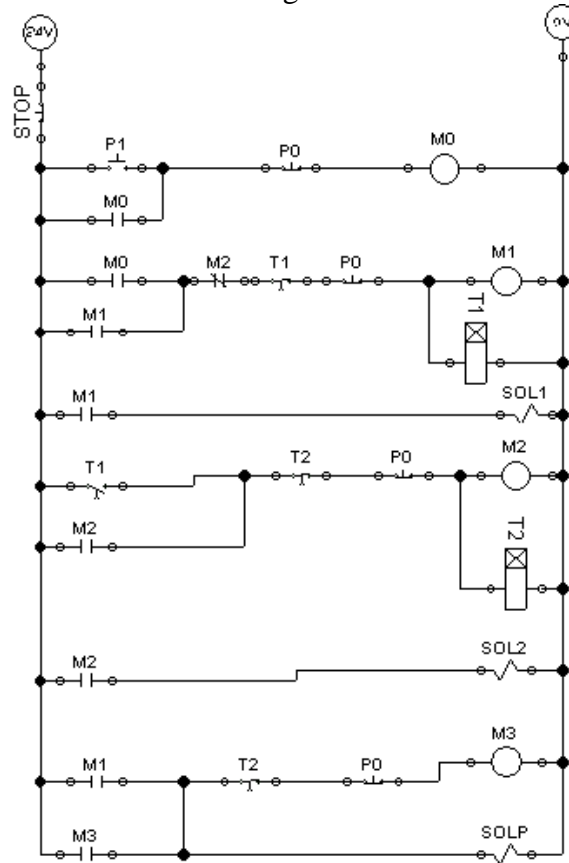
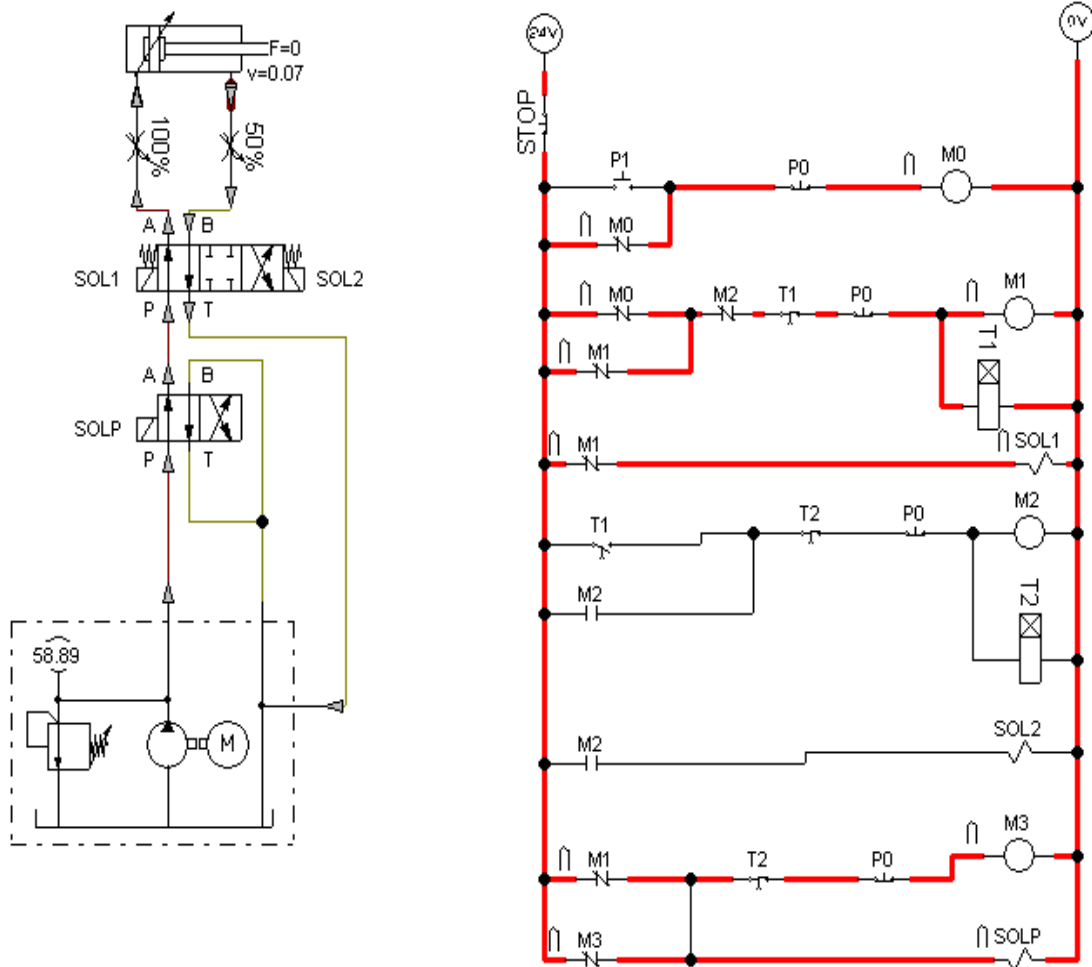


Figura 47. Simulación en fluidSIM Regulación de velocidad de actuación



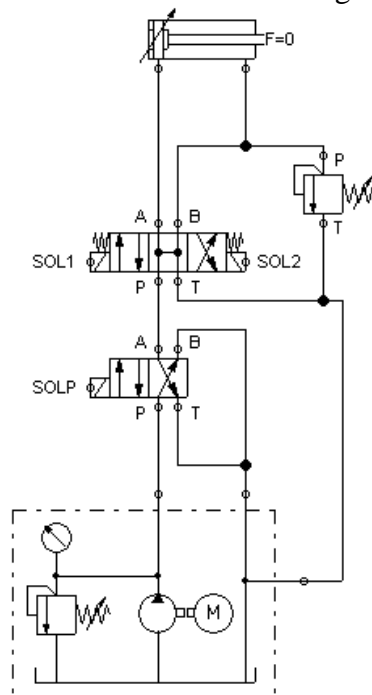
Fuente: Autores

4.3.4 Ejercicio de Regulación de presión. Las válvulas reductoras de presión son controladores de presión, normalmente abiertos, utilizados para mantener presiones reducidas en ciertas partes de un circuito

Para el laboratorio de regulación de presión se usarán las siguientes válvulas:

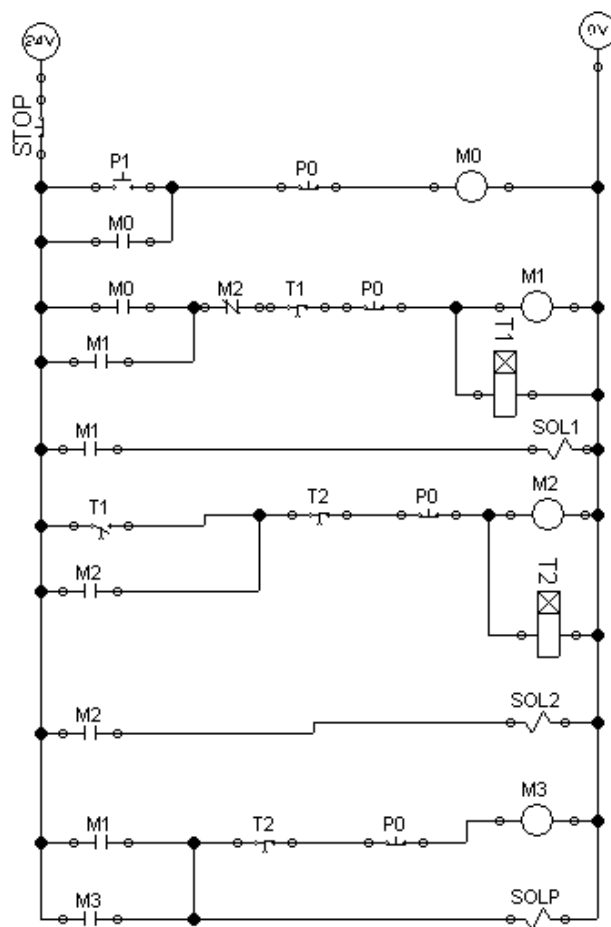
- Válvula Relief MRV03-P2 ISO 4401
- Válvula reguladora de presión MRV03-B3 ISO 4401
- Válvulas de 4 vías 3 posiciones de control direccional accionada por solenoides DG03-0C -220VAC – 72 –DN
- Válvula reguladora de presión MPC03-W1

Figura 48. Circuito oleohidráulico de Regulación de presión



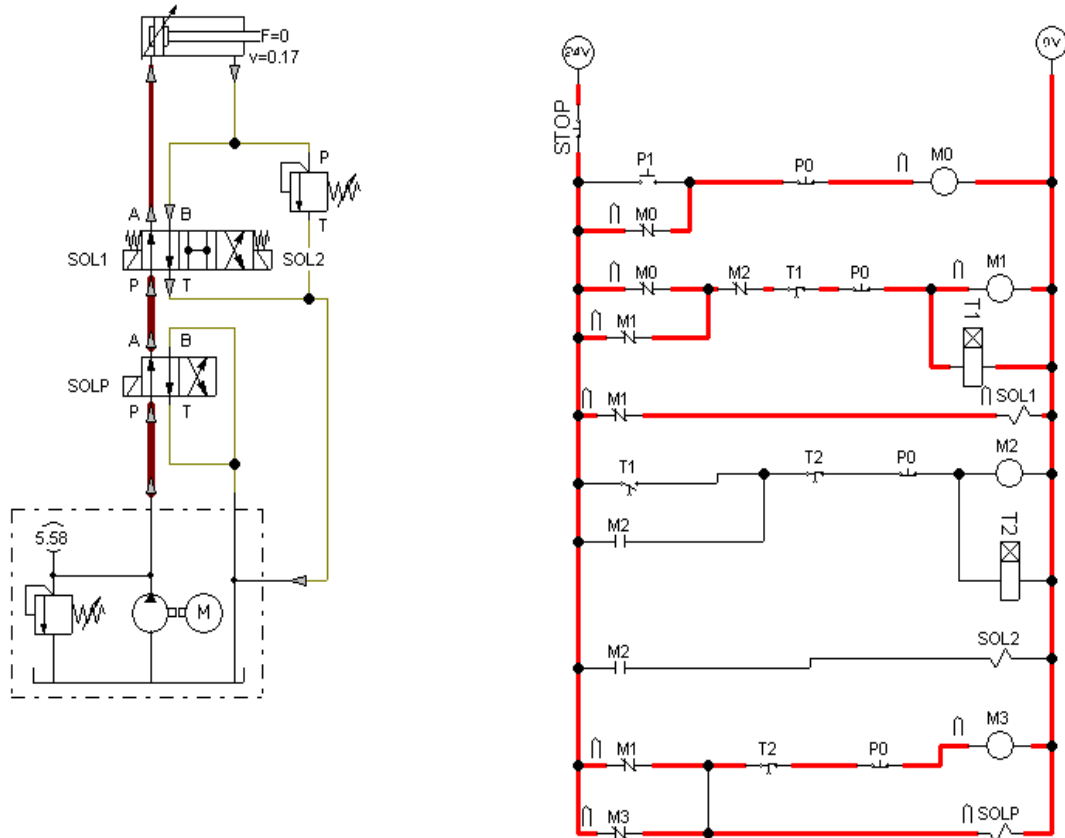
Fuente: Autores

Figura 49. Circuito eléctrico de Regulación de presión



Fuente: Autores

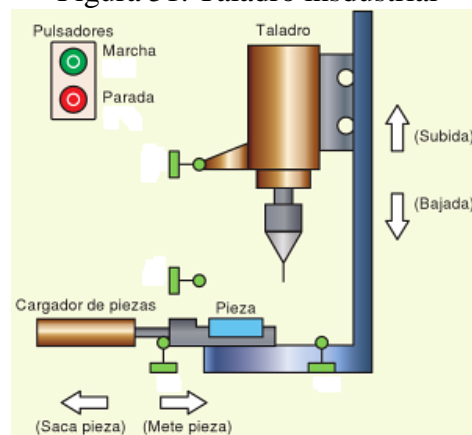
Figura 50. Simulación en FluidSIM de Regulación de presión



Fuente: Autores

4.3.5 Ejercicio para el Control de cilindros de doble efecto con válvulas direccionales. En el laboratorio se pretende simular un circuito electrohidráulico donde se puede visualizar la secuencia y funcionamiento de un taladro industrial, simule en fluidSIM

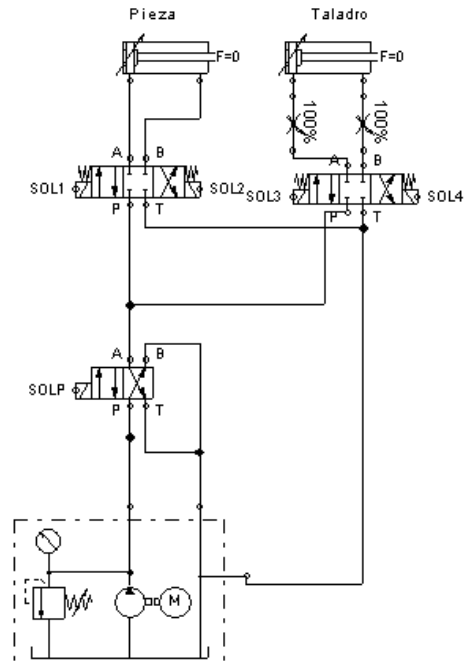
Figura 51. Taladro insdustrial



Fuente: (MARTÍN, y otros, 1996)

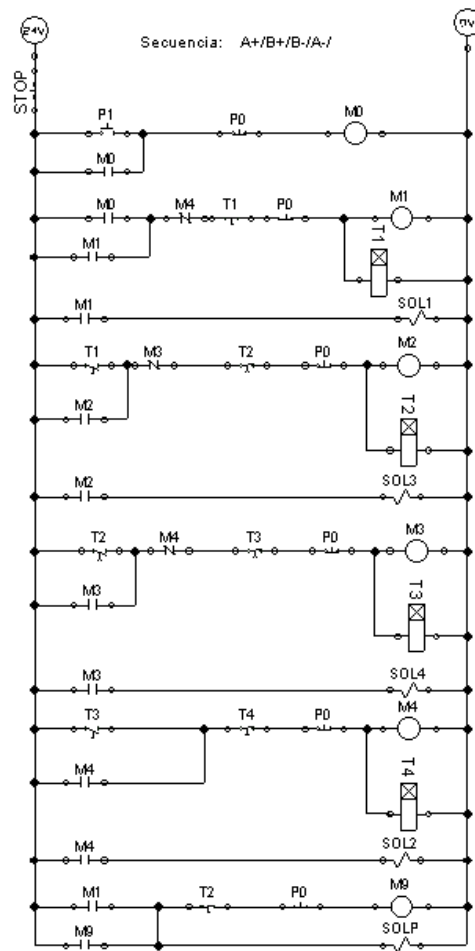
La secuencia de trabajo seria: A+/B+/B-/A-/

Figura 52. Circuito oleohidráulico Control de cilindros



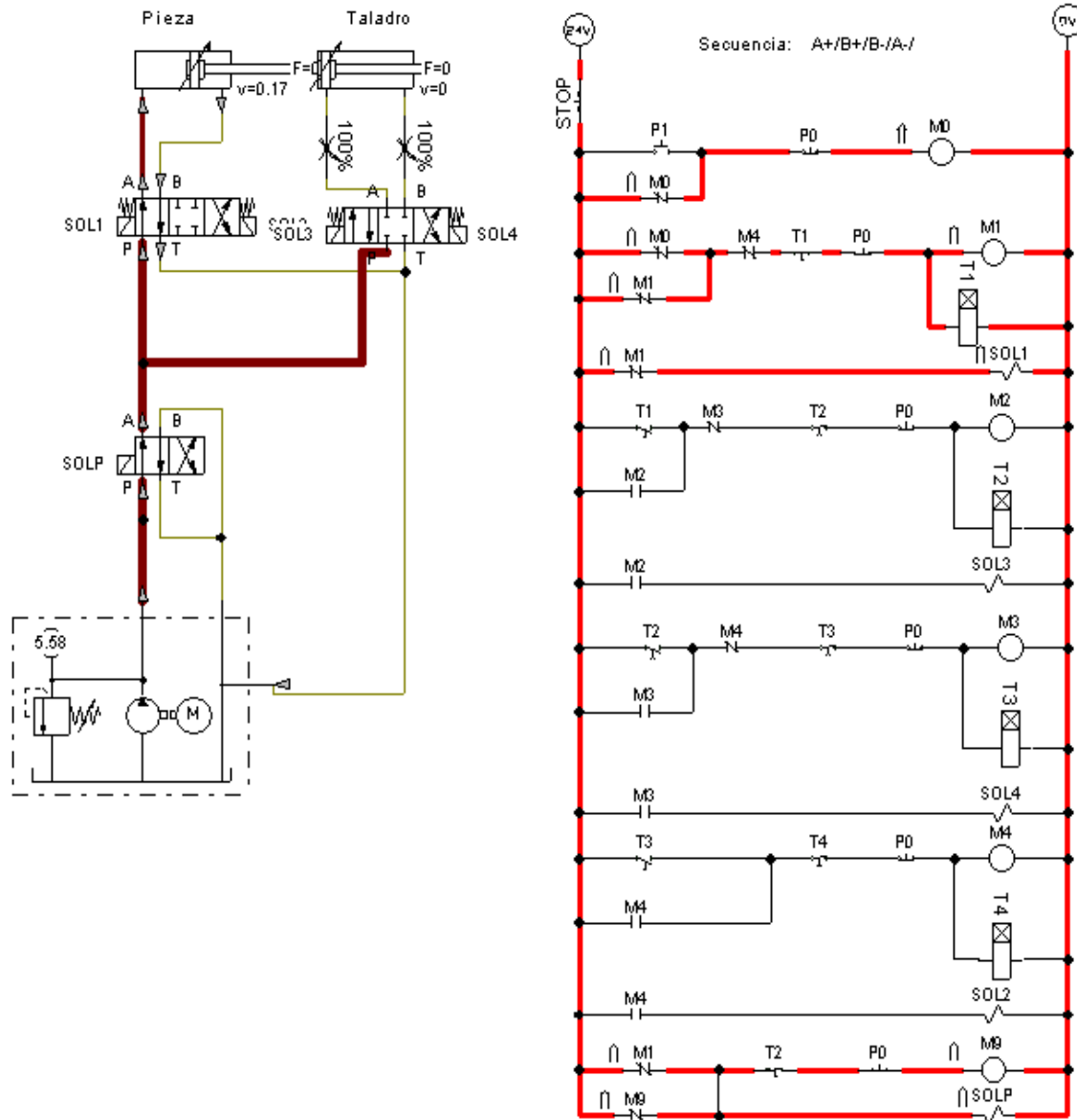
Fuente: Autores

Figura 53. Circuito eléctrico Control de cilindros



Fuente: Autores

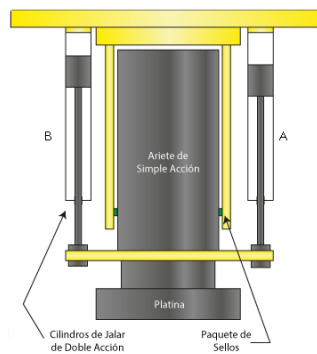
Figura 54. Simulación en FluidSIM Control de cilindros



Fuente: Autores

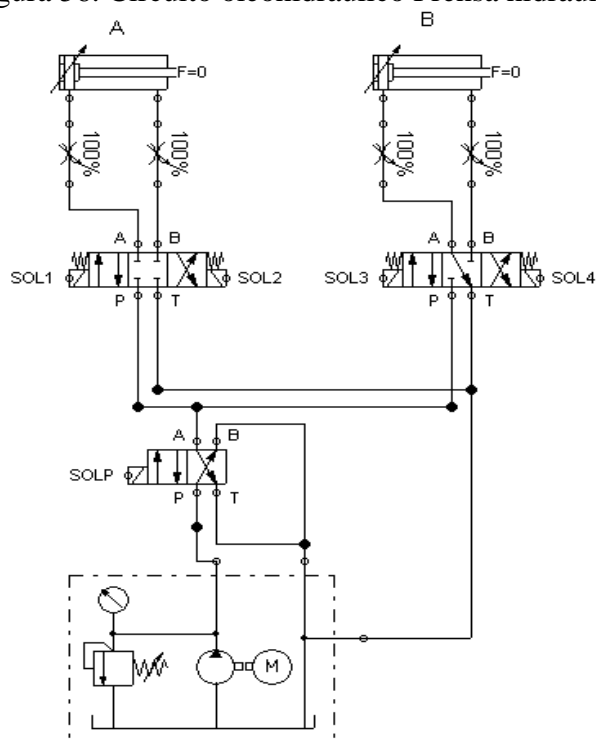
4.3.6 Ejercicio de Sincronización y control simultaneo de actuadores lineales

Figura 55. Prensa hidráulica de simple acción



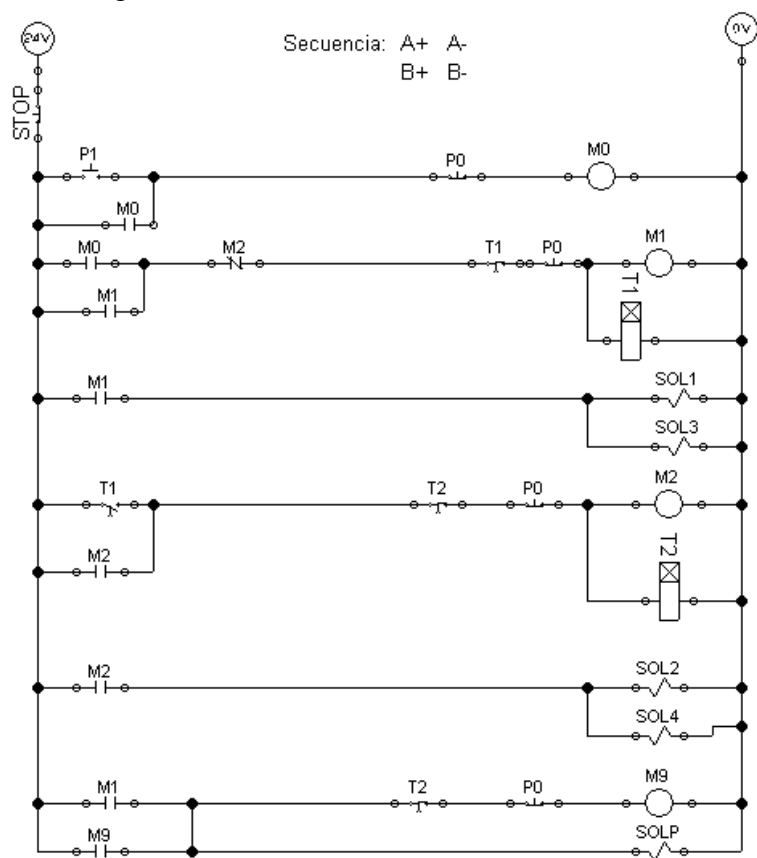
Fuente: (ASHM, 2015)

Figura 56. Circuito oleohidráulico Prensa hidráulica



Fuente: Autores

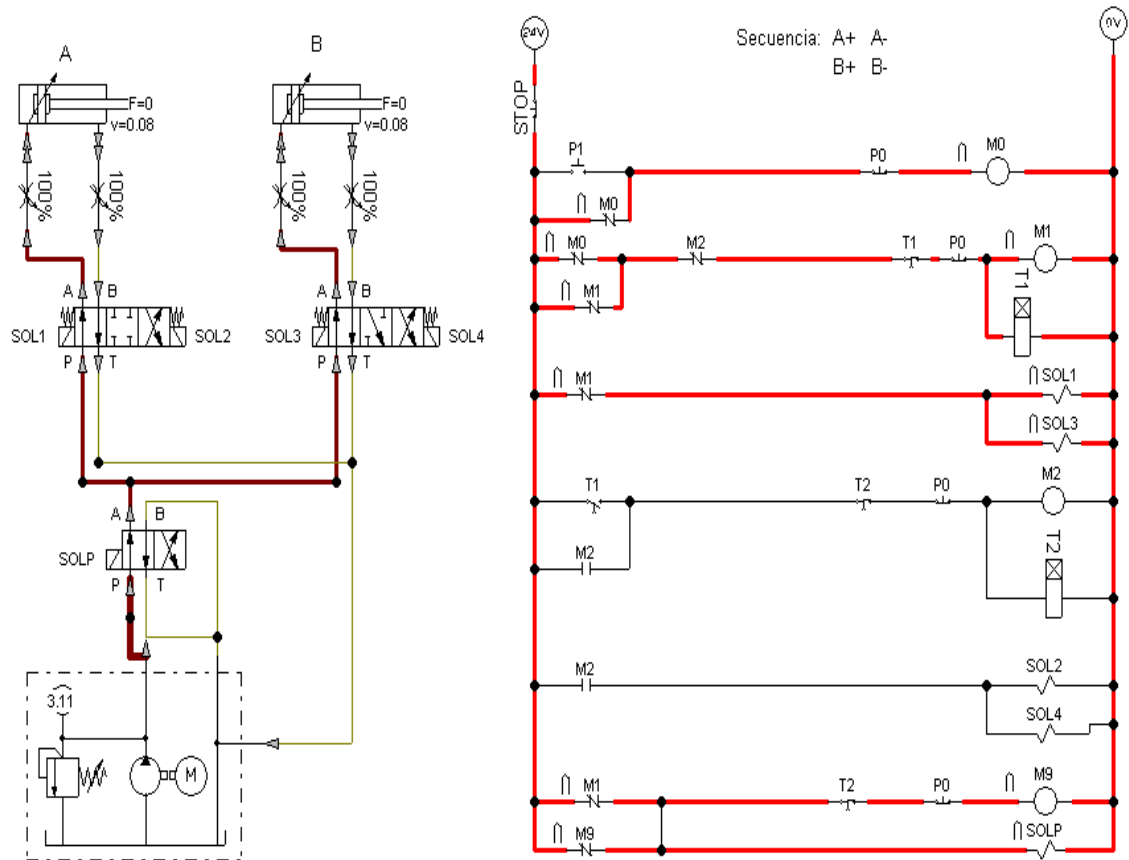
Figura 57. Circuito eléctrico Prensa hidráulica



Fuente: Autores

El movimiento sincronizado es cuando dos actuadores comienzan a moverse y se detienen exactamente en el mismo instante y con la misma velocidad lineal.

Figura 58. Simulación FluidSIM Prensa hidráulica



Fuente: Autores

4.3.7 Método de programación GRAFCET. El laboratorio número siete, trata sobre la introducción a la programación GRAFCET donde el estudiante reforzara los conocimientos impartidos por el tutor.

Este método de programación sirve de base para aplicar los mismos principios en el programa de computadora LOGO SOFT que es uno de los softwares más sencillos para programar un PLC

4.3.8 Descripción y uso del PLC LOGO 230 RC Siemens. En este laboratorio los estudiantes se familiarizarán con un Controlador Lógico Programable más conocido como PLC, conocerán sus aplicaciones, estructura, parámetros de programación, sus diferentes módulos y las técnicas de cableado que se realizarán para las prácticas respectivas.

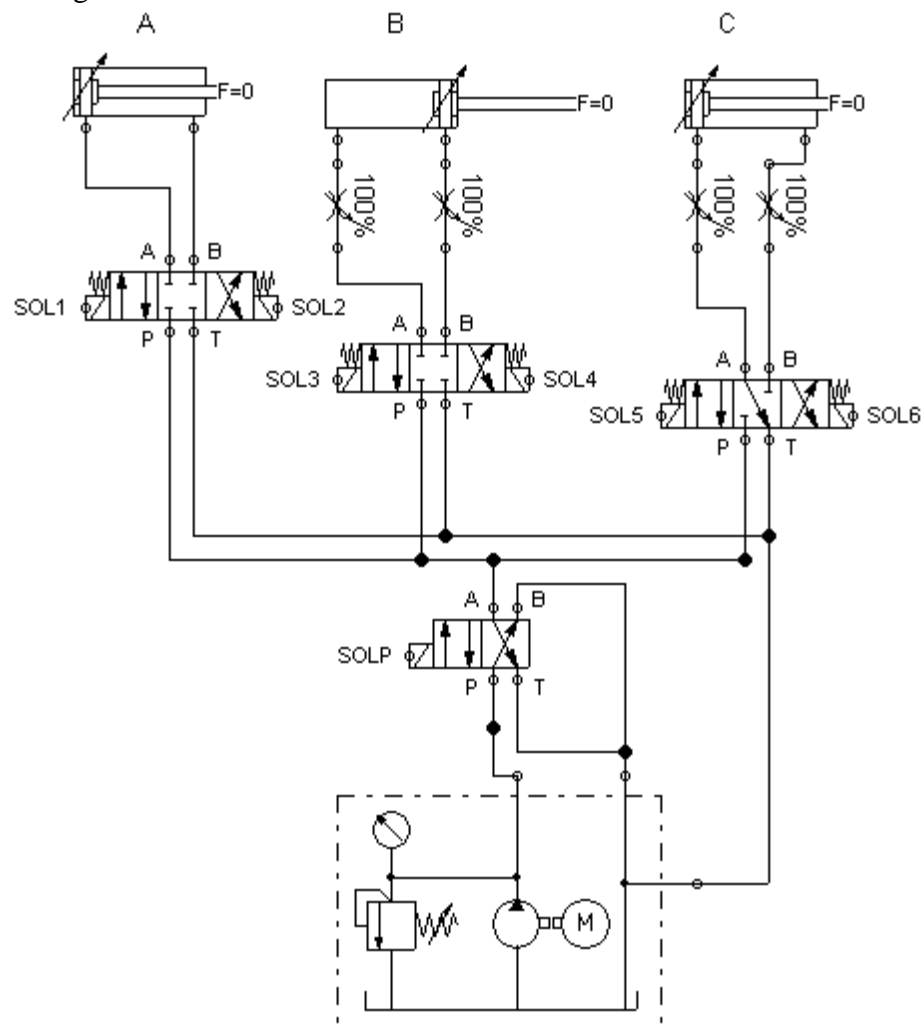
4.3.9 Ejercicio con secuencia de 3 actuadores. Este ejercicio trata sobre la simulación del movimiento de la estructura manipuladora de una retroexcavadora que se logra gracias a la combinación de tres cilindros oleohidráulicos controlados por separado logrando así el movimiento deseado A+/B-/C+/C-/B+/A-, simule en fluidSIM

Figura 59. Retroexcavadora



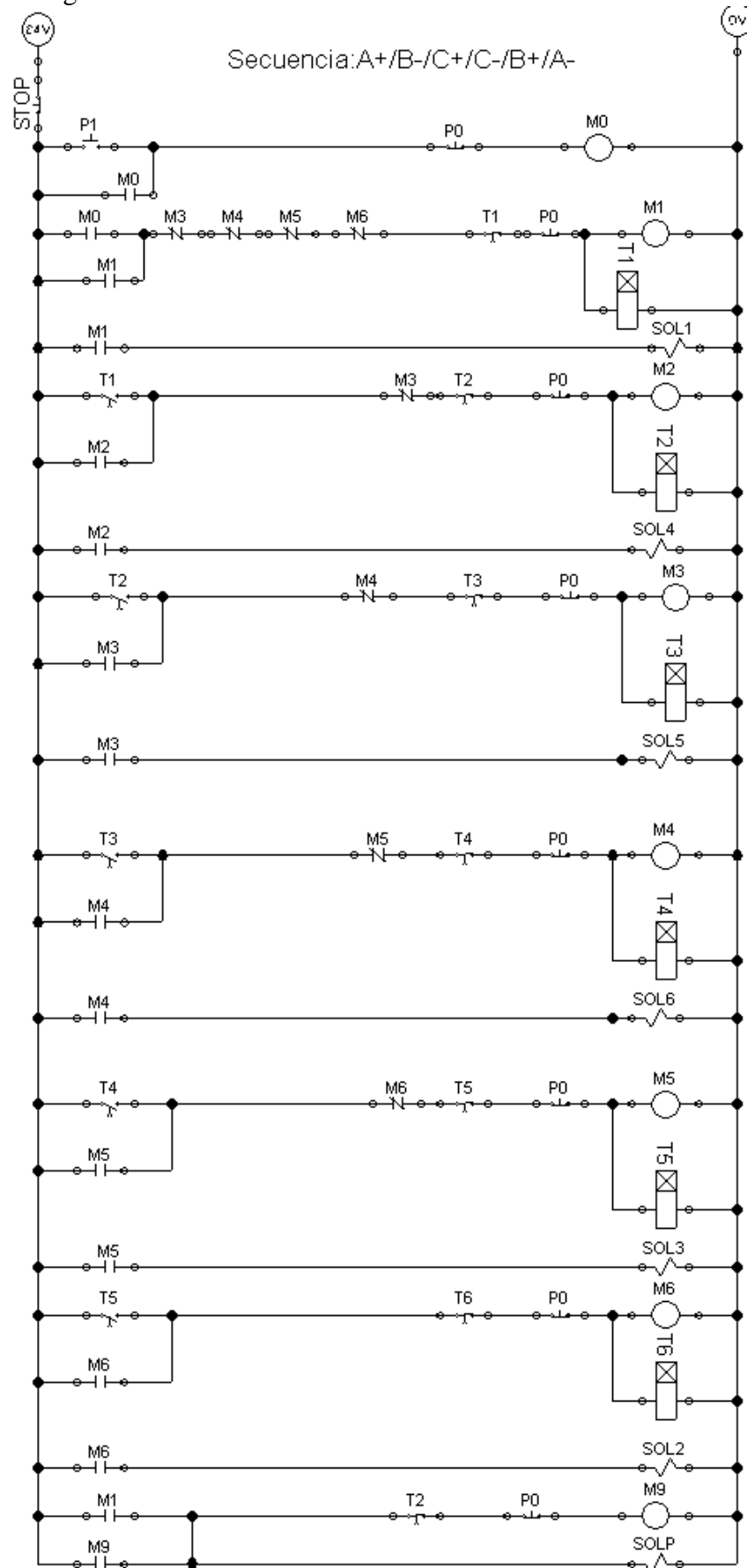
Fuente: (CAT, 2008)

Figura 60. Circuito oleohidráulico movimiento de tres actuadores



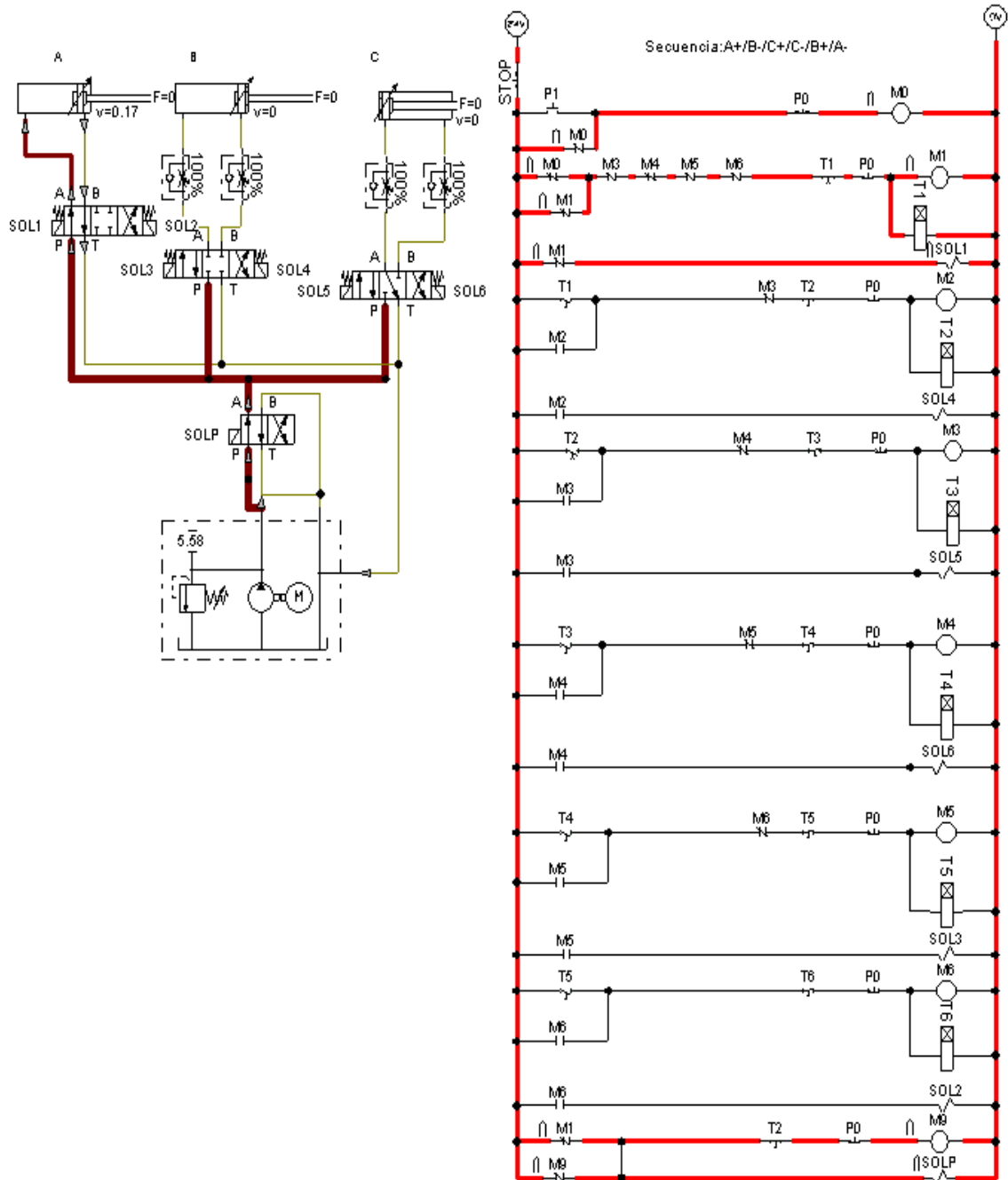
Fuente: Autores

Figura 61. Circuito eléctrico movimiento de tres actuadores



Fuente: Autores

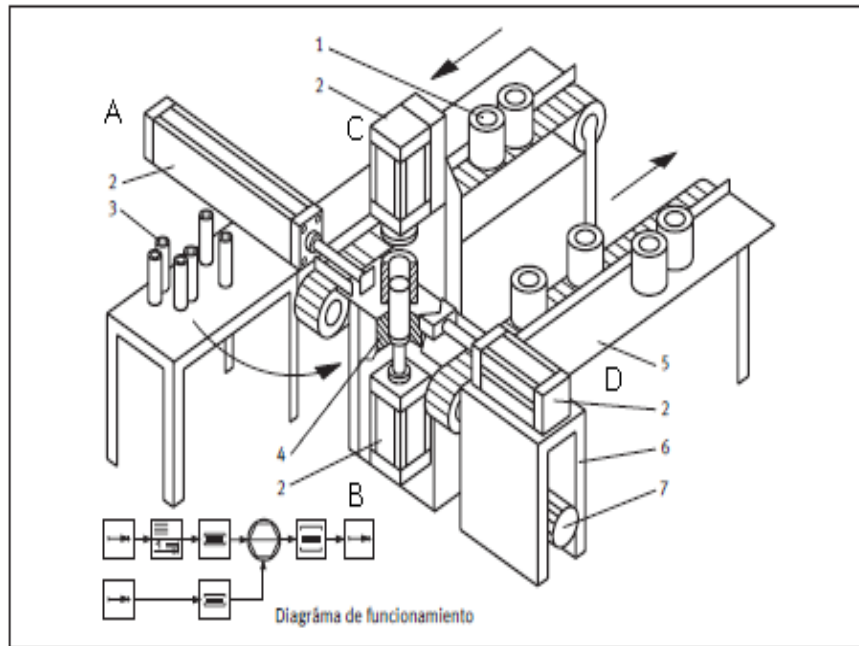
Figura 62. Simulación en FluidSIM movimiento de tres actuadores



Fuente: Autores

4.3.10 Ejercicio con secuencia de 4 actuadores. Este ejercicio simula el proceso de embutir utilizado para evitar la deformación que sufren algunas piezas a mecanizarse o sujetarse, momentáneamente se coloca a mano un casquillo de sujeción, las piezas se colocan en la posición de sujeción hasta que topen con el cilindro de la derecha y se aplica una presión longitudinal en el casquillo correspondiente, finalizada esta operación el cilindro de tope retrocede, con lo que el cilindro de la izquierda puede entregar las piezas a la cadena de transporte.

Figura 63. Embutidora



Fuente: (HESSE, 2015)

Figura 64. Circuito oleohidráulico movimiento de cuatro actuadores

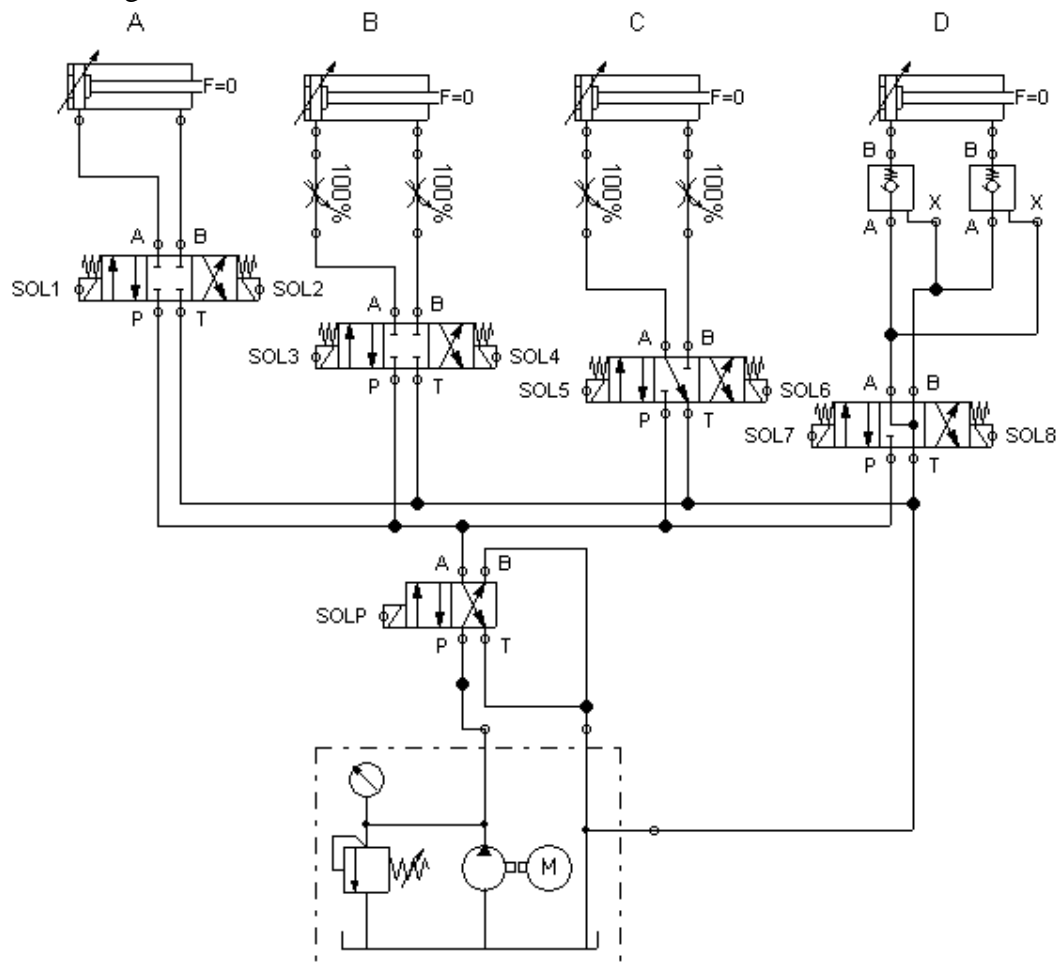
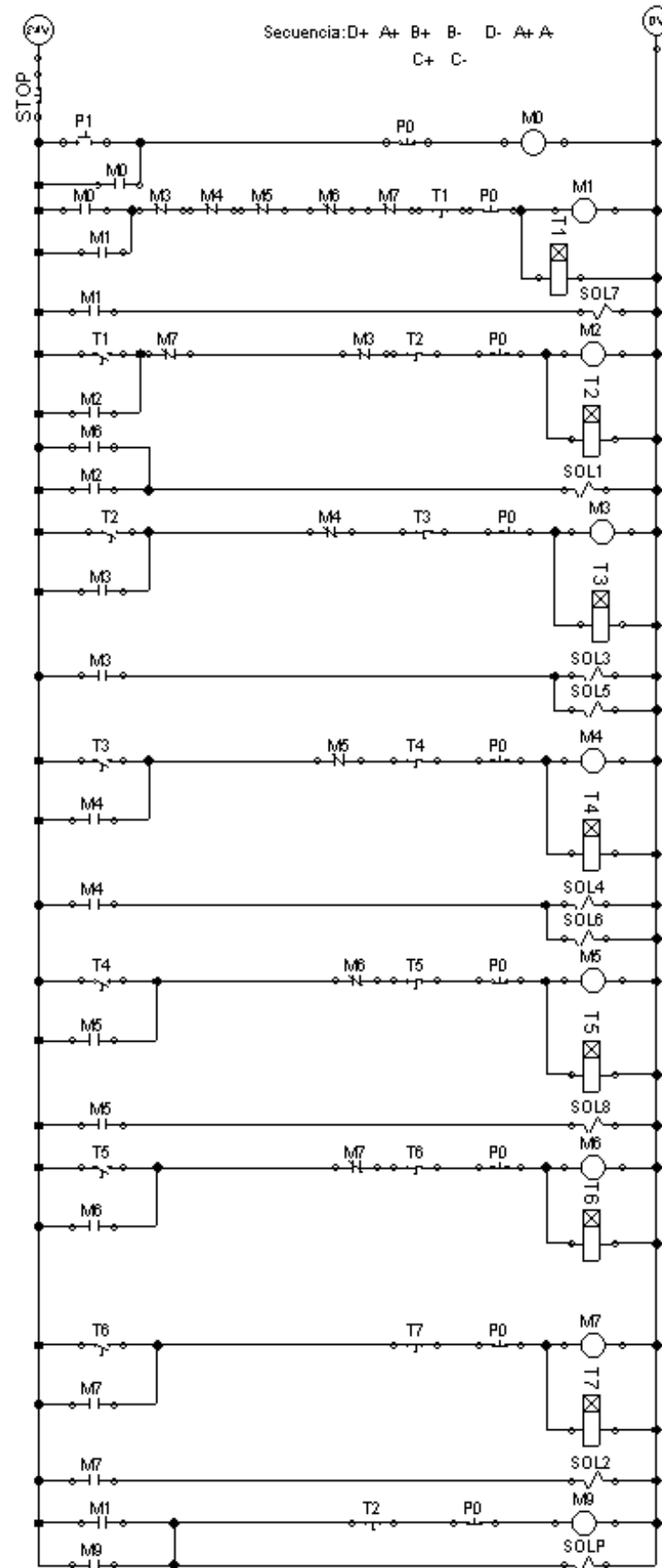


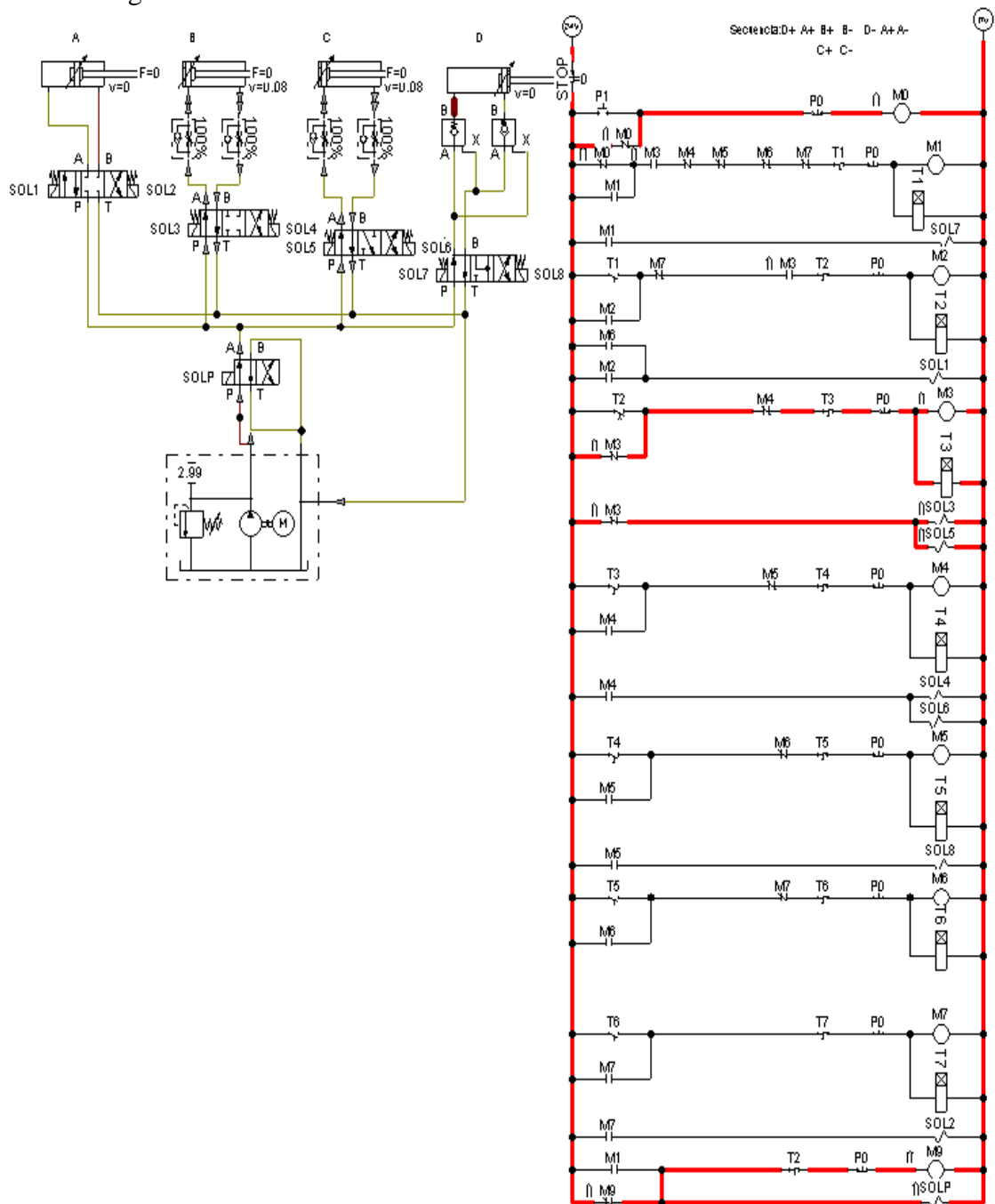
Figura 65. Circuito eléctrico movimiento de cuatro actuadores



Fuente: Autores

Simulación en FluidSIM

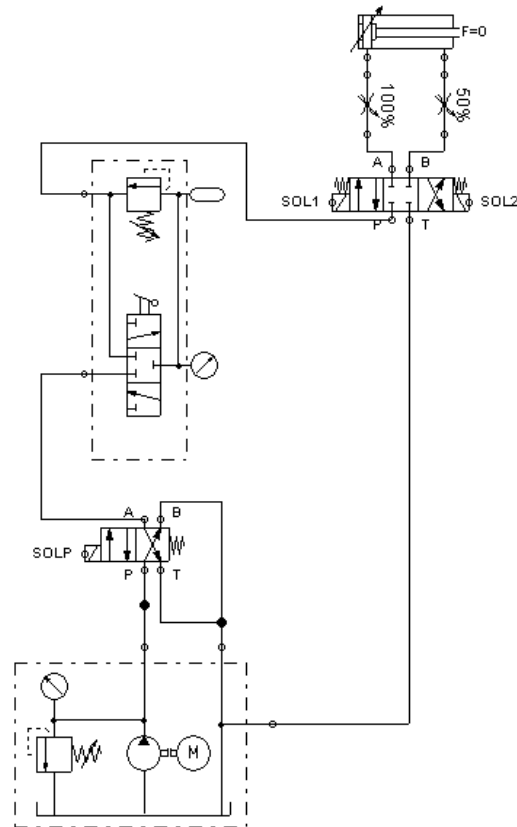
Figura 66. Simulación en FluidSIM movimiento de cuatro actuadores



Fuente: Autores

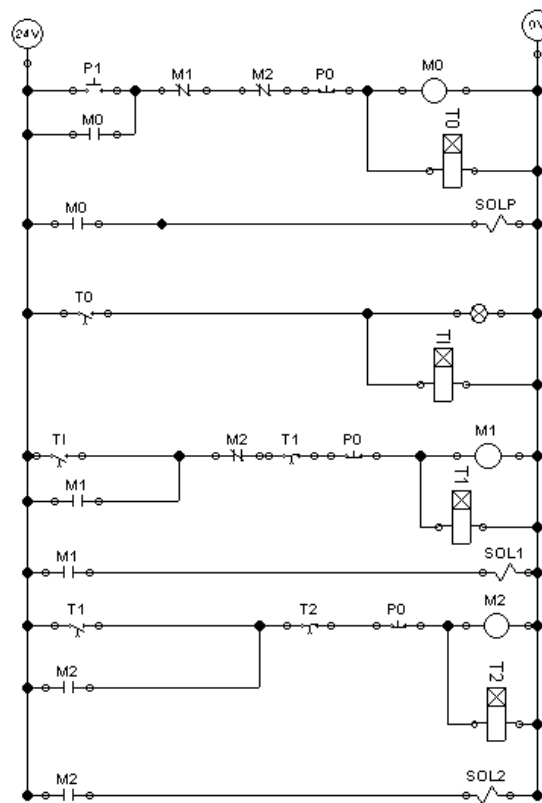
4.3.11 Ejercicio con utilización de un acumulador en circuitos con emergencia. La seguridad en ciertos sistemas oleohidráulicos requiere que los vástagos de los pistones regresen a la posición retraída inicial, en caso de averías de la fuente oleohidráulica, si por avería disminuye la presión, el acumulador debe terminar la maniobra e incluso realizar un ciclo completo de trabajo.

Figura 67. Circuito oleohidráulico con acumulador



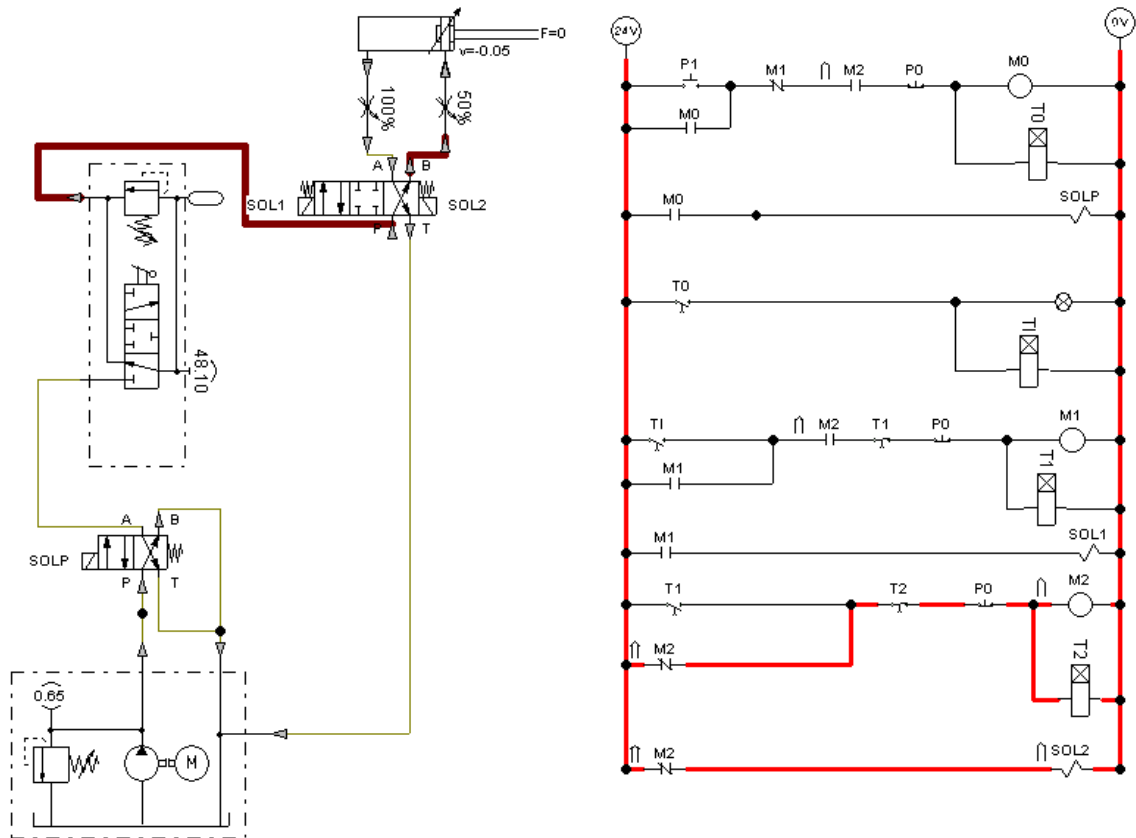
Fuente: Autores

Figura 68. Circuito eléctrico con acumulador



Fuente: Autores

Figura 69. Simulación en FluidSIM con acumulador



Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. MANUAL DE OPERACIÓN Y PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS OLEOHIDRÁULICO

5.1 Manual de Operación

5.1.1 *Manual de operación del banco.* La operación de un equipo se puede llevar a cabo siempre y cuando el operador, en este caso el estudiante, tenga el conocimiento de las partes principales del equipo, cuál es su funcionamiento y cuáles son las condiciones mínimas de seguridad necesarias para su operación. Todo esto con el propósito de resguardar la integridad física del operador y prolongar la vida útil del equipo.

En el presente manual se describen los principales componentes del banco de prueba, su funcionamiento y condiciones mínimas admisibles de operación. Una vez familiarizado con el banco de pruebas y sumado los conocimientos teóricos adquiridos en las distintas asignaturas relacionadas, el estudiante estará en condición de realizar distintos circuitos con el propósito de comprender cuál es la causa efecto que se produce al interactuar los distintos dispositivos.

Previo a la realización de cualquier prueba los estudiantes realizarán un estudio detenido del manual del banco de pruebas (Anexos), y deberán cumplir con todas las normas de seguridad exigidas.

La persona que opere el banco, verificará el buen estado de los equipos y las condiciones previas a las pruebas:

- Que estén correctamente centrados cada uno de los componentes
- Verificar que el motor este apagado o desconectado
- El uso de equipos de protección personal
- Identificar cada una de la señalética contra riesgos
- Pasos para poner en funcionamiento el banco
- Verificar que los paneles eléctricos estén en óptimas condiciones
- Verificar el nivel de aceite

5.2 Plan de mantenimiento del banco de pruebas oleohidráulico

El plan de mantenimiento tiene por objetivos garantizar condiciones óptimas de funcionamiento para la conservación del banco de pruebas oleohidráulico, manteniendo un registro estadístico con su respectivo historial de fallas y averías con la finalidad de realizar un adecuado procedimiento de corrección en el equipo y así disminuir el nivel de incertidumbre de operación y mantenimiento del banco de pruebas oleohidráulico.

Este manual está basado principalmente en un mantenimiento preventivo quedando como última opción un mantenimiento correctivo, de esta manera se busca una mejora continua de los cuidados y procedimientos que se debe brindar a todos los equipos.

Para ejecutar un adecuado mantenimiento es imprescindible iniciar con datos técnicos del banco de pruebas oleohidráulico, así como de los diferentes procesos a llevar a cabo en su uso para la respectiva ejecución de la práctica. Es de principal importancia tener conocimiento previo de cada uno de los elementos presentes, sin dejar de lado la seguridad personal y las formas de proceder en caso de accidentes.

Para disminuir la probabilidad de riesgos de accidentes se plantean reglas básicas de seguridad que el usuario debe acatar.

Se debe tener en cuenta, además, que el banco de pruebas oleohidráulico ha sido diseñado con la finalidad de ser un aporte para el proceso de aprendizaje del estudiante, por lo que estará sujeto a manipulación constante por parte del instructor y de los mismos estudiantes, siendo responsabilidad del instructor fijar los límites permisibles de funcionamiento, evitando así la destrucción o la avería de la máquina.

Se implementarán tareas de mantenimiento en el uso del banco de pruebas oleohidráulico para minimizar el riesgo de fallo y asegurar la continua operación del equipo.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El laboratorio de sistemas neumáticos y oleohidráulicos con la elaboración de este trabajo de Tesis cuenta ya con el banco de pruebas de sistemas oleohidráulicos implementados a satisfacción, acorde a los objetivos planteados al inicio de este trabajo.

Diseñamos los circuitos de sistemas oleohidráulicos con miras a fines didácticos que contribuya a la realización de prácticas estudiantiles de la Facultad de Mecánica. Luego de lo cual seleccionamos los componentes más funcionales para el banco.

Con la utilización de catálogos y normas tales como el Catalogo INTERNATIONAL para la selección de válvulas de control direccional y la norma ISO 6020 para la selección de cilindros hidráulicos, entre otros, se seleccionó adecuadamente los elementos del sistema oleohidráulico para el banco.

Montamos e instalamos en el banco los componentes y elementos diseñados y seleccionados para ponerlo a prueba y evidenciar su correcto funcionamiento.

Como autores de esta tesis sentimos la satisfacción de que nuestro trabajo va a ser en beneficio para los futuros estudiantes, por lo tanto, se deja plasmado un plan de mantenimiento preventivo de acuerdo a la norma COVENIN 3049 que establece el marco conceptual de la función mantenimiento a fin de tender a la unificación de criterios y principios básicos de dicha función, para conservar la vida útil del banco.

Para mayor contribución en el aprendizaje, el trabajo plasma una guía de laboratorio de oleohidráulica, formato de presentación del informe de laboratorio y normativa en lo cual se basa o se apega la práctica. La guía de laboratorio está basada en la norma ISO 1219, que se ha adoptado en España como la norma UNE-101 149 86, que se encarga de representar los símbolos que se deben utilizar en los esquemas neumáticos e hidráulicos.

6.2 Recomendaciones

Adaptar la sensorica para poder realizar simulaciones remotas ya sea desde nuestro trabajo o la comodidad del hogar, adquiriendo datos por medio de sensores que serán procesados en un computador, para luego transferirlos a la red.

Las bandejas se deben construir en acero inoxidable para evitar el deterioro y que decaiga el aspecto del equipo ya sea por corrosión o presencia de rayas producida por la fricción entre las superficies de los equipos con el banco.

Para un mejoramiento dentro del banco de circuitos oleohidráulicos se recomienda tomar en cuenta los catálogos y normas de los componentes, seleccionando con criterio, aceptación y eficiencia en beneficio de un mantenimiento y durabilidad de cada elemento implementado en el banco.

Para una mejor restructuración en el área de laboratorio se deben tomar las medidas adecuadas en el uso y funcionamiento del banco e implementar más componentes oleohidráulicos (motor oleohidráulico, finales de carrera, etc.) para que en las prácticas de laboratorios se puedan simular la mayor cantidad de procesos que existen en la industria.

Mejorar la hermeticidad del laboratorio a fin de asegurar un ambiente libre de polvo u otros elementos externos que pueden ingresar a través de pequeñas aperturas y causar daños al equipo.

Para una mejor visualidad de las prácticas de laboratorio de sistemas oleohidráulicos industriales se recomienda hacer grupos que no superen los cinco estudiantes.

Se recomienda el uso y manejo del plan de mantenimiento

Se recomienda implementar normativas de seguridad como señalética de riesgo, guía de evacuación, etc.

BIBLIOGRAFÍA

ASHM. 2015. Cilindros hidráulicos. [Online] 2015. [Cited: 11 julio 2015.] <http://www.ashm.mx/blog/otros-tipos-de-cilindros-hidraulicos/>.

CAT. 2008. Direct INDUSTRY. [En línea] Diciembre de 2008. http://www.directindustry.com/prod/caterpillar-equipment/product-19427-42117.html#product-item_1466913.

CEAACES. 2010. Ley Orgánica de Educación Superior. Quito : s.n., 2010.

DE LAS HERAS, . 2011. Fluidos, bombas e instalaciones hidráulicas. Barcelona : Service Point, 2011.

DELNERO, Juan,Sebastian. 2007. [ing.unlp.edu.ar](http://www.ing.unlp.edu.ar). Oleohidráulica-Circuitos de Presión. [En línea] 19 de Junio de 2007. [Citado el: 11 de Noviembre de 2015.] <http://www.ing.unlp.edu.ar/aeron/laclyfa/Carpetas/Catedra/Archivos/Hidraulica%20A>.

Gamarra, Barriga,Benjamín,. 2015. FLUIDTEK SRL. Selección de cilindros y bombas hidráulicas. [En línea] 2015. [Citado el: 17 de Enero de 2016.] <http://oleohidraulica.pe/descargas/metodologia-seleccion-componentes-hidraulicos.pdf>.

GONZÁLEZ, José, BALLESTERO, Rafael y PARRONDO, Jorge. 2005. Problemas de oleohidráulica y neumática. Asturias : Ediciones de la Universidad de Oviedo, 2005.

HERNANDEZ, Ángeles, y otros. 2013. Manual Técnico de Mecánica y Seguridad Industrial. Madrid : CULTURAL, S.A, 2013. ISBN:978-84-8369-305-6.

HESSE. 2015. 99 ejemplos prácticos de aplicaciones neumáticas. [Online] 2015. [Cited: 23 julio 2015.] <https://docs.google.com/file/d/0B-Xrr35sjKbNS2w3N3ZrT3ZtTDQ/edit?pli=1>.

Hydraulic innovators. 2015. MANIFOLD. [Online] 2015. [Cited: 22 mayo 2015.] <http://www.hydraulicinnovators.com.au/MANIFOLD/pl.php>.

INTERNATIONAL. 2011. MODULAR CHECK THOTTLE VALVE. [En línea] 17 de Julio de 2011. [Citado el: 21 de mayo de 2015.] http://www.chia-wang.com/upload_files/modular/C128-131_MTC-03P.pdf.

J.P.GROOTE. 1980. Tecnologia de los circuitos hidráulicos. Barcelona : Ediciones Ceac, 1980.

MARTÍN, Juan y GARCÍA, María. 1996. Automatismos Industriales. Bogotá : Editex, 1996.

MILLÁN, . 1995. Automatización neumática y electroneumática. Terrasa : Marcombo, 1995.

MOTT, . 2006. Diseño de elementos de máquinas. México : Pearson, 2006.

OGATA, . 2003. Ingeniería de control moderna. Madrid : Prentice Hall, 2003.

OIIT. 2015. CETOP Manifold Blocks. [Online] 2015. [Cited: 22 mayo 2015.]
<http://pdf.directindustry.es/pdf-en/omt/cetop-manifolds/26807-570010.html>.

SAIP. 2012. Welded accumulators. [En línea] 2012.
<http://www.saip.it/EN/Products/Welded+accumulators#>.

TSPRO. 2015. Conceptos básicos de neumática e hidráulica. Neumática e Hidráulica.
[En línea] 2015. http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica_hidraulica8.htm.